

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERSITA OSTRAVA

EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANCÍ

STANOVENÍ KREDITNÍHO RIZIKA PORTFOLIA STÁTNÍCH  
DLUHOPISŮ

CREDIT RISK DETERMINATION OF SOVEREIGN BONDS PORTFOLIO

Student : Bc. Marie Krkošková

Vedoucí diplomové práce : prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal

Ostrava 2011

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou práci, včetně všech příloh vypracovala samostatně.“

V Ostravě dne 20. dubna 2011

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Charakteristika trhu státních cenných papírů .....</b>	<b>5</b>
2.1	Charakteristika trhu dluhopisů.....	5
2.1.1	Primární trh s dluhopisy.....	6
2.1.2	Sekundární trh s dluhopisy.....	6
2.2	Kreditní riziko a jeho charakteristika.....	7
2.2.1	Dělení kreditního rizika .....	8
2.2.2	Charakteristika rizika defaultu .....	9
2.3	Faktory ovlivňující kreditní riziko.....	9
2.3.1	Pravděpodobnost úpadku – default probability.....	10
2.3.2	Míra návratnosti – recovery rate .....	10
2.3.3	Metody měření kreditního rizika .....	11
2.3.4	Časový horizont .....	14
2.4	Kreditní riziko země.....	15
2.4.1	Zadlužení veřejných institucí .....	16
2.4.2	Forma vládního dluhu .....	16
2.4.3	Řízení vládního dluhu .....	17
2.4.4	Hlavní trendy a moderní operace aktivního dluhového managementu .....	18
<b>3</b>	<b>Popis metodologie CreditMetrics.....</b>	<b>20</b>
3.1	Charakteristika CreditMetrics.....	20
3.1.1	Metody měření rizika .....	23
3.1.2	Marginální riziko .....	25
3.1.3	Využití metody CreditMetrics .....	25
3.1.4	Limity kreditního rizika .....	26
3.1.5	Ekonomický kapitál .....	27
3.2	Výchozí parametry modelu CreditMetrics .....	28
3.2.1	Matice přechodů a míry návratnosti v případě defaultu.....	28
3.2.2	Stanovení charakteristik jednotlivých dluhopisů zahrnutých v portfoliu.....	30
3.2.3	Korelace kreditní kvality dlužníků.....	32
3.2.4	Asset value model.....	35

3.3	Simulace Monte Carlo .....	42
3.4	Choleskeho algoritmus .....	42
<b>4</b>	<b>Stanovení kreditního rizika portfolia státních dluhopisů za pomoci metodologie CreditMetrics.....</b>	<b>45</b>
4.1	Vstupní data .....	45
4.2	Odhad korelací mezi jednotlivými státy .....	47
4.3	Generování ratingu pro jednotlivé scénáře .....	48
4.4	Vytvoření korelací mezi státy .....	49
4.5	Ohodnocení státních dluhopisů a portfolia .....	50
4.6	Stanovení hodnoty portfolia a jeho charakteristik .....	54
4.7	Shrnutí .....	57
<b>5</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>59</b>

# 1 Úvod

Riziko je nedílnou součástí každé lidské činnosti. V obecné rovině lze riziko charakterizovat jako nebezpečí, že skutečnost se bude lišit od našich původních očekávání. Finanční riziko definujeme jako stupeň nejistoty v budoucích výnosech a dělíme jej dále na rizika tržní, kreditní, likvidní, operační a riziko právního rámce. Tato diplomová práce se blíže zabývá rizikem kreditním se zaměřením na selhání protistrany v rámci státních dluhových cenných papírů.

Za příznivých ekonomických podmínek jsou státní cenné papíry považovány za jedny z nejbezpečnějších cenných papírů, které na trhu existují. Díky narůstající zadluženosti států je pro finanční trh důležité kreditní riziko nejen jednotlivých subjektů, ale také států samotných. V současnosti je velmi řešeným globálním problémem narůstající zadluženost centrálních vlád a neřešení této situace, které může vést až k bankrotu státu samotného. V posledních letech pozorujeme rozkolísání ekonomik, kdy se státy stávají pro investory rizikovou protistranou.

Každý subjekt, který je kreditnímu riziku vystaven, má možnost jej ignorovat nebo kvantifikovat, řídit a eliminovat. Ke kvantifikaci slouží mimo jiné v praxi velmi využívaná metodologie CreditMetrics, která se používá k vyhodnocení kreditního rizika v portfoliu dluhových aktiv.

Cílem diplomové práce je stanovení kreditního rizika portfolia státních dluhopisů pomocí metodologie CreditMetrics. Portfolio je sestaveno z 10 státních dluhopisů evropských států: Norska, Slovenska, České republiky, Rakouska, Maďarska, Švýcarska, Německa, Švédska, Islandu a Irska.

V první části jsou charakterizovány státní dluhopisy, jejich trh a specifika oproti jiným cenným papírům. Charakterizováno je kreditní riziko a jeho specifika oproti ostatním finančním rizikům.

Ve druhé kapitole je podrobně popsána metodologie CreditMetrics, která je použita ke kvantifikaci kreditního rizika zkoumaného portfolia. V rámci metodologie jsou stanoveny výchozí parametry, které jsou pro měření kreditního rizika potřebné. Dále je popsána simulace Monte Carlo nezbytná k výpočtu kreditního rizika metodologií CreditMetrics.

Ve třetí kapitole je aplikována metodologie CreditMetrics na konkrétním portfoliu státních dluhopisů, které je sestaveno ze státních dluhopisů vybraných evropských států.

## 2 Charakteristika trhu státních cenných papírů

Státní cenné papíry můžeme rozdělit na dlouhodobé cenné papíry a to státní dluhopisy, a na krátkodobé cenné papíry a to státní pokladniční poukázky. Státní dluhopisy slouží k pokrytí schodku státního rozpočtu z určitého roku. Jedná se tedy o dluhový nástroj, který musí stát využít v situaci, kdy si nevystačí se svými vlastními příjmy. Co se státních pokladničních poukázek týče, ty slouží k pokrytí krátkodobého nesouladu mezi příjmy a výdaji v rámci státního rozpočtu. Konkrétně řečeno tedy slouží k pokrytí výdajů v době, kdy stát ještě nemá dostatečné množství příjmů na svém účtu. Je to způsobeno tím, že výdaje státu vznikají pravidelně v určitých stanovených intervalech a jsou rozloženy po celou dobu roku, zatímco největším příjem do státního rozpočtu jsou daně, a ty jsou vybírány vždy v časových intervalech, které se nemusí časově shodovat s dobou vzniku výdajů ze státního rozpočtu.

V rámci této diplomové práce se zaměříme podrobněji na *státní dluhopisy*, neboť právě z nich budeme mít složeno portfolio, jehož kreditní riziko budeme určovat.

Vládní obligace jsou dluhové cenné papíry vydané vládou země ve své vlastní měně, stát může emitovat také obligace v jiné než národní měně. Státní dluhopis je dluhovým nástrojem vlády, a ta jej využívá ke zvyšování kapitálu v době potřeby.

První státní dluhopisy byly emitovány ve Velké Británii v roce 1693, kdy vláda potřebovala navýšit množství kapitálu k financování války s Francií.

V rámci této části diplomové práce budeme vycházet z knih viz. Jílek (2009), Veselá (2007).

### 2.1 Charakteristika trhu dluhopisů

Trh s dluhopisy se stejně jako ostatní trhy dělí na trh primární a na trh sekundární. Primární trh slouží k prodeji nově emitovaných státních dluhopisů, zatímco na trhu sekundárním se obchoduje s již emitovanými dluhopisy a dochází tak pouze ke změně věřitelů (investorů), kteří dluhopis mají ve vlastnictví.

### **2.1.1 Primární trh s dluhopisy**

Pro mnoho subjektů je obvyklou formou získávání peněz vyjednávání s bankami o bankovních úvěrech. Tím dochází k primární alokaci peněz. Alternativou bankovního úvěru je primární trh s cennými papíry. Na něm se setkávají subjekty, které mají nedostatek finančních prostředků (emitenti) a subjekty s přebytkem finančních prostředků (investoři). Velmi důležitou funkci primárního trhu můžeme definovat jako druhotnou alokaci peněz do maximálně efektivních investičních projektů.

Primární trh představuje emisi nových cenných papírů, kdy emise dluhového cenného papíru v podstatě znamená převod hotovosti od investora k emitentovi. Na opak se likviduje tak, že emitent splatí investorovi úrok a jistinu. Operace, které se provádí na primárním trhu, má emitent plně pod svou kontrolou a při emisi cenného papíru často ovlivňuje kdo se může stát a naopak nemůže stát jeho prvním nabyvatelem.

Funkce primárního trhu lze odvodit od úlohy, kterou hraje v ekonomice podnik, a od úlohy, kterou v této ekonomice hraje investor. Podnikatelský subjekt je osoba, která má schopnost vygenerovat a uskutečňovat podnikatelský záměr. Zajímavostí je, že u mnoha podniků platí, že čím více má podnik záměrů a čím lepší tyto záměry jsou, tím se více zadlužuje. A z tohoto důvodů hledá podnik investora, který je v přesně opačné situaci než podnik. Investor disponuje přebytkem finančních prostředků, ale zpravidla sám nemá žádný podnikatelský záměr. Pokud tuto teorii přeneseme do formy státních dluhopisů, pak si můžeme emitování státních dluhopisů přestavit tak, že stát (vláda) musí uskutečnit určité výdaje, na které nemá dostatek finančních prostředků a tak si na ně musí někde půjčit. Přímé úvěrování je prováděno jen zřídka a tak nezbyvává státu nic jiného, než emitovat státní dluhopisy. Státní dluhopisy tedy slouží ke krytí schodku státního rozpočtu.

### **2.1.2 Sekundární trh s dluhopisy**

S dluhopisy, které jsou nejprve obchodovány na trhu primárním, se dále obchoduje na trhu sekundárním. Do tohoto druhu obchodování spadá jednak obchodování na burze cenných papírů, obchodování formou OTC (over-the-counter).

Uskutečňuje se na něm standardní koupě a prodej již existujícího „zboží“. Při změně majitele cenného papíru nepřechází hotovost mezi investorem a emitentem, ale mezi



vlastníky (investory) navzájem. Emitent zůstává transakcemi na sekundárním trhu neovlivněný, zatímco původní vlastník přenáší svá práva splacení na nového vlastníka. Hlavní funkcí sekundárního trhu je změna struktury vlastníků cenných papírů. Emitent na tomto trhu často nemá žádnou možnost, jak koupím a prodejům cenných papírů zabránit a je pasivní vůči případným transakcím. Pokud není převoditelnost cenného papíru omezena, potom emitent již nemá možnost ovlivnit, kdo si cenný papír koupí a z těchto prodejů již nemá žádný příjem.

Sekundární trhy zajišťují vlastníkům cenných papírů jejich likviditu. Pokud by neexistoval rozvinutý sekundární trh, tak by individuální vlastník nemusel být ochoten poskytnout peníze na dlouhé časové období. V případě, že existují pouze omezené možnosti případného prodeje cenného papíru, potom se stěží najde investor, který by byl ochoten do takového cenného papíru investovat. Pro aktivní fungování primárního trhu je nezbytné, aby také aktivně fungoval trh sekundární, neboť sekundární trh poskytuje trhu primárnímu nutné informace o cenách. Subjekt, který chce emitovat cenné papíry na primárním trhu, pouze převezme informace o cenách na trhu sekundárním a je mu tím do velké míry usnadněna práce s nastavením ceny nové emise. Mimo jiné ovlivňují informace o sekundárním trhu také chování účastníků primárního trhu.

## **2.2 *Kreditní riziko a jeho charakteristika***

Riziko se stalo součástí lidských životů od počátku existence člověka. Je všude přítomné a doprovází nás v průběhu celého života. Samo o sobě je riziko nehmatatelné a tudíž ho nelze pozorovat. Co ovšem sledovat můžeme jsou jeho následky, které stejně jako riziko samotné, mohou být buď negativní, nebo pozitivní. V obecné rovině můžeme riziko definovat jako pravděpodobnost odchýlení skutečného výsledku rozhodnutí nebo činnosti od očekávaného výsledku. Pokud hodnotíme riziko v této rovině, je dáno subjektivním vnímáním důsledků rizika konkrétním jedincem.

Nedílnou součástí každého dluhového trhu je kreditní, neboli úvěrové riziko. Jedná se o jedno z nejdůležitějších rizik na finančním trhu. Stanovení kreditního rizika se odvíjí od vnějšího úvěrového hodnocení, které provádí hodnotící agentury, a na vnitřním úvěrovém hodnocení, které si provádějí samy nefinanční podniky a finanční instituce. Součástí kreditního rizika jako takového je i kreditní riziko země.

Kreditní riziko je riziko věřitele, že dlužník nemusí dostát svým závazkům a to buď včas, nebo v plné výši. U žádného dluhu není splacení vždy zcela jisté.

Stanovení kreditního rizika není jednoduchým procesem a tak jsou banky a ostatní finanční instituce obecně považovány za velice neprůhledné a určit tak kvalitu jejich aktiv a rozsah závazků je těžkým úkolem.

Kreditní riziko je riziko ztráty z defaultu (selhání) dlužníka a to tím, že nedostojí svým závazkům dle podmínek smlouvy, čímž způsobí věřiteli ztrátu. Závazky tohoto charakteru vznikají z úvěrových, obchodních a investičních aktivit, platebního styku a vypořádání cenných papírů při obchodování na vlastní a cizí účet. Kreditní neboli úvěrové riziko je velmi starý pojem, starý asi jako úvěrování samotné. Pokud definujeme úvěr jako očekávání přijetí peněžních prostředků, pak úvěrové (kreditní) riziko je pravděpodobnost, že očekávání nebude splněno.

V situaci, kdy investor či každý subjekt zvažuje kreditní riziko protistrany, musí zvážit tři základní otázky:

- Pravděpodobnost selhání (probability of default): udává pravděpodobnost, že protistrana nedostojí svým závazkům po celou dobu trvání vztahu, nebo pouze v určitém daném časovém horizontu.
- Míru návratnosti (recovery rate): udává hodnotu nároku věřitele v určitém časovém okamžiku v případě, že dojde k defaultu protistrany.
- Kreditní expozice: udává, jak velká bude hodnota závazku v době defaultu vůči věřiteli.

### **2.2.1 Dělení kreditního rizika**

Kreditní riziko lze rozdělit na čtyři základní části:

- **Přímé úvěrové riziko:** Riziko ztráty v případě nedodržení závazků protistrany u tradičních rozvahových položek v plné nebo částečné hodnotě (úvěry, půjčky, dluhopisy, směnky apod.)
- **Riziko úvěrových ekvivalentů:** Riziko ztráty v případě nedodržení závazků protistrany u podrozvahových položek (poskytnuté úvěrové přísliby, poskytnuté záruky, dokumentární akreditivy, deriváty apod.)

- **Vypořádací riziko:** Riziko ztráty v případě nedodržení závazků z transakcí v procesu vypořádání (dodávky) zejména v situaci, kdy hodnota partnerovi byla dodána, ale hodnota od partnera ještě není k dispozici.
- **Riziko úvěrové angažovanosti:** Riziko ztráty v případě angažovanosti vůči jednotlivým obchodním partnerům, zemi, ekonomickému sektoru, nástroji apod.

### **2.2.2 Charakteristika rizika defaultu**

Riziko, že společnost nebo jednotlivec nebude schopen uskutečnit požadované platby za své dluhové závazky. Vypůjčovatelé finančních prostředků a investoři jsou vystaveni riziku selhání prakticky u všech forem úvěrových rozšíření. Ke zmírnění rizika defaultu, používají vypůjčovatelé často míry návratnosti, které odpovídají riziku selhání konkrétního dlužníka. Čím je vyšší riziko, tím vyšší je požadovaný výnos a naopak.

Jedná se o riziko klienta (kdy klient nebude schopen či ochoten dostát svým závazkům), riziko země (většina či všechny subjekty v dané zemi nebudou schopni dostát svým závazkům), riziko transferu (stát nebude schopen, nebo ochoten dostát svým mezinárodním závazkům z důvodu nedostatku devizových prostředků) a riziko koncentrace (v rámci odvětví, regionů atd. nebude dostatečná diverzifikace aktiv).

#### ***Inherentní riziko***

Inherentní riziko je dáno velikostí ztráty v případě, že protistrana nedostojí svým závazkům. Nezabýváme se zde pravděpodobností, s jakou ztráta nastane, ale její velikostí a původem vzniku. Je to přímé úvěrové riziko – riziko jistiny a úroků, riziko neposkytnutého plnění z derivátového kontraktu, riziko zajištění, riziko nevrácení poskytnutých záloh, riziko vypořádání.

### **2.3 Faktory ovlivňující kreditní riziko**

V rámci této kapitoly se budeme zabývat faktory, jež kreditní riziko ovlivňují. Konkrétně se jedná o pravděpodobnost úpadku (default probability), míru návratnosti (recovery rate), druh modelu, jež ke stanovení kreditního rizika používáme a časový horizont, který musí být investorem stanoven.

### **2.3.1 Pravděpodobnost úpadku – default probability**

Pravděpodobnost defaultu je pravděpodobnost, že úvěr nebude splacen a spadne do úpadku. Pravděpodobnost defaultu se počítá zvlášť pro každého klienta, který má půjčku nebo pro celé portfolio klientů, kteří mají podobné atributy. Úvěrová historie protistrany nebo portfolia a povaha investice jsou brány v potaz při výpočtu pravděpodobnosti defaultu.

Existuje mnoho alternativ pro odhad pravděpodobnosti defaultu. Mohou být odhadovány z historických dat, z aktuálních defaultů za použití moderních technik jako je logistická regrese. Mohou být také odhadovány z obdržených cen credit default swapů, dluhopisů a opcí na burze. Nejjednodušší způsob je použít ratingy externích firem jako je Standard and Poors, Fitch or Moody's investorské služby pro odhadování pravděpodobnosti defaultu z historických zkušeností s úpadky.

V případě, že chceme pravděpodobnost defaultu změřit, využijeme rating, což je systém ohodnocování, který přiřadí písmeno nebo číselný kód každé kategorii kreditní kvality subjektu. Každá ratingová agentura hodnotí rating trošku odlišně a má svůj vlastní žebříček hodnocení subjektů. Za nejvýznamnější ratingové agentury jsou považovány – Standard and Poors a Moody's. U ratingu se hodnotí riziko selhání až do splatnosti dluhu a v úvahu se pak bere také pravděpodobnost výskytu všech možných událostí, které ještě mohou nastat v budoucnu. Většinou se škála rozdělí na dvě pásma: **pásma investiční** a na **pásma spekulativní**. Subjekty, které se vyskytují v pásmu investičním, jsou považovány za méně rizikové a tedy za spolehlivé. Naopak subjekty s ratingem v pásmu spekulativním jsou považovány za velmi rizikové a za nespolehlivé.

### **2.3.2 Míra návratnosti – recovery rate**

Odhadnutí reziduální hodnoty v případě defaultu je ve své podstatě obtížné. V době, kdy bankéř poskytuje půjčku nebo investor kupuje dluhopis, je v dobré víře že dlužník nebankrotuje, ale že instrument bude navyšovat svou hodnotu. Takže může být obzvláště obtížné si představit, jaká bude pozice dlužníka v případě defaultu. Bude to katastrofa, která neponechá žádnou hodnotu k pokrytí, nebo to bude pouze politování hodné, dobře ošetřené tak, že to budou výkyvem postižení pouze vlastníci, ale věřitele neovlivní?

Existuje mnoho praktických problémů při odhadu měr návratnosti. Často zde neexistuje trh, ze kterého by šlo získat objektivní ohodnocení, a pokud jsou k dispozici tržní ceny, bude se jednat o vysoce nelikvidní trh. Dokonce když jsou tyto problémy vyřešeny existuje zde otázka, zda je lepší odhadnout hodnoty:

- okamžitě po vyhlášení úpadku,
- po nějaké době, která je nutná k získání informací, třeba po měsíci,
- poté, co bylo dosaženo úplného řešení, což může trvat roky.

S mírou návratnosti velice úzce souvisí ukazatel míry ztráty v případě selhání dlužníka (Loss Given by Default, LGD). Ukazatel míry ztráty v případě selhání dlužníka udává, jak velká ztráta byla u pohledávky, kde nastalo selhání. Mezi ukazateli míra návratnosti (recovery rate – RR) a mírou ztráty v případě selhání dlužníka (LGD) existuje vztah:

$$LGD = 1 - RR.$$

Od té doby, co existují akademické studie, například Eberhart a Sweeney (92), které vedou k závěru, že dluhopisový trh efektivně určuje cenu budoucích realizovaných likvidačních hodnot, využíváme užitky těchto výzkumů, které odhadují hodnoty okolo jednoho měsíce po vyhlášení úpadku. Tohle je přesně ta hodnota, které by aktivní investor musel čelit, ať už se rozhodne nebo nerozhodne držet svou pozici po události, která způsobí úpadek.

### **2.3.3 Metody měření kreditního rizika**

Metody, které se používají k měření kreditního rizika, jsou dvojího typu a to buď kvalitativní, nebo kvantitativní. Při rozlišování kvalitativních a kvantitativních metod záleží zejména na konstrukci metody. Platí zde, že vstupní data pro oba způsoby jsou podobná a hranice mezi metodami je tedy velmi těžko rozpoznatelná, jelikož při použití obou dvou metod jsou používána jak data kvantitativní, tak data kvalitativní.

Výsledkem měřicího procesu je vlastně bonitní ohodnocení klienta a stanovení ratingové kategorie pro daný úvěrový vztah.

Bonitním ohodnocením se nazývá úhrn indikátorů, které na základě ekonomických, finančních a právních charakteristik věřitele vyhodnotí jeho schopnost dostat svým

závazkům z úvěrového kontraktu. Ratingem se pak nazývá proces stanovení tohoto bonitního vyjádření klienta a jeho unifikace do jedné stupnice.

Rozlišujeme dvě základní formy tvorby ratingu a to:

- externí rating – vypracován specializovanou ratingovou agenturou
- interní rating – vypracován daným subjektem

### ***Diskrétní modely***

Diskrétní modely neboli modely typu „default mode“ vychází z předpokladu, že dlužníka lze charakterizovat pouze a jen dvěma stavy v souvislosti s jím podstupovaným kreditním rizikem – buďto defaultuje (selže) nebo nedefaultuje (neselže). Kreditní riziko pak plyne ze selhání (defaultu) dlužníka. Předpokladem je, že pravděpodobnost defaultu dlužníka není ovlivněna časem a tak může nastat v kterémkoli okamžiku se stejnou pravděpodobností. Statisticky se rozdělení pravděpodobnosti odhaduje Poissonovým rozdělením.

Přístup k měření kreditního rizika pomocí diskretních modelů je typický pro stejnorodá (homogenní) portfolia. Mezi metody využívající diskretní modely řadíme model CreditRisk+, model KMV a model CreditPortfolioView.

### **Model CreditRisk+**

Tento model je stavebním kamenem modelů diskretního typu. Byl vytvořen společností Credit Suisse Financial Products v roce 1997. Jako pro všechny diskretní modely platí i pro tento, že pravděpodobnost defaultu je stejná ve všech časových obdobích. U modelu CreditRisk+ vycházíme z předpokladu, že věřitel zná pravděpodobnost selhání jednotlivých dlužníků, kde nehrají roli ani důvody ani historické řady.

CreditRisk+ rozděluje dlužníky do jednotlivých pásem. V jednotlivých páslech se pak nacházejí dlužníci se stejným kreditním rizikem. Následně je analyticky stanoven odhad očekávané ztráty, jejíž suma je výslednou očekávanou ztrátou daného pásma. Model CreditRisk+ je vhodné použít pro portfolia, kde se vyskytuje vysoký počet jednotlivých dlužníků, u kterých existuje nízká pravděpodobnost defaultu. Není vhodné tento model použít naopak pro instrumenty s vysokým stupněm rizika anebo pro instrumenty u nichž hrozí opakované selhání. Nevýhodou tohoto modelu je, že nepracuje s ekonomickými

podmínkami a u malého počtu segmentu portfolioí dochází k nadhodnocování kreditního rizika.

### **Model KMV**

Jedná se o model diskrétní, kde existuje možnost rozšíření na model spojitý. Jeho název je odvozen od obchodní společnosti KMV Corporation, která byla založena v roce 1989 Stephenem Kealhoferem, Johnem McQuownem a Oldřichem Vašíčkem. V rámci modelu KMV je proces selhání brán jako endogenní ve vztahu ke struktuře aktiv a pasiv dlužníka. Selhání dlužníka nastane za situace, kdy se hodnota jeho aktiv dostane pod kritickou úroveň, jež odpovídá klientovu defaultu. Specifickým výrazem tohoto modelu je očekávaná četnost selhání (Expected Default Frequency), jež představuje pravděpodobnost selhání dlužníka. Tato pravděpodobnost se zjišťuje z historických dat o vzdálenosti dlužníka od hodnoty defaultu. Odhad bodu defaultu (Distance to Default) je určen jako rozdíl očekávané hodnoty aktiv od prahové kritické úrovně defaultu. Tento rozdíl se vyjadřuje v násobcích směrodatné odchylky rozdělení hodnot aktiv a obecně platí, čím je větší vzdálenost od defaultu, tím je aktivum bezpečnější. Rozdělení pravděpodobnosti ztráty vyplývá z rizikově neutrálního modelu oceňování. Aby tento model správně fungoval, je třeba znát kapitálovou strukturu emitentů, historická data pro určení pravděpodobnosti defaultu EDF a mít vysoce diverzifikované portfolio.

### **Model CreditPortfolioView**

Model CreditPortfolioView je stejně jako model KMV diskrétním modelem s možností rozšíření na spojitý model. Model byl navržen společností McKinsey & Company v roce 1997. Na rozdíl od ostatních předešlých modelů pracuje tento model s makroekonomickými ukazateli, na jejichž základě pak odhaduje pravděpodobnost defaultu. Na základě historických dat pak modeluje budoucí vývoj makroekonomických ukazatelů (jako je HDP, nezaměstnanost, úrokové sazby ...) a pomocí jejich empirické korelace specifikuje pravděpodobnost selhání, která je tentokrát definována spíše na úrovni země nebo sektoru.

### ***Spojité modely***

Tato skupina modelů je druhým přístupem k měření kreditního rizika. Na rozdíl od diskrétních modelů, které fungují na předpokladu pouze dvou možností a to buď plnění,

nebo neplnění, zde existuje více možností, které mohou nastat. Bývá definováno  $n$  kategorií, do nichž může být dle své rizikovosti klient na konci období zařazen. Těmto modelům se říká modely „market-to-market“ modely, jedná se o modely, u kterých vyplývá kreditní riziko z přechodu dlužníka do nižší kategorie. Z hlediska většího členění je tento model vhodnější pro nehomogenní portfolia. Pro stanovení jednotlivých rizikových kategorií se obvykle vychází z externích ratingů (pokud dojde ke změně kategorie, došlo i ke změně externího ratingu).

### **Model CreditMetrics**

Model CreditMetrics je také zástupcem spojitého modelu vyvinutého společností J. P. Morgan v roce 1997. Tento model je založen na dvou metodách – metodě analytické a na simulaci Monte Carlo. Pomocí analytické metody jsou odhadována rizika jednotlivých aktiv v portfoliu zahrnutá, očekávaná hodnota portfolia a jeho směrodatná odchylka. Simulace Monte Carlo slouží k odvození rozdělení hodnot v portfoliu na konci sledovaného období a na základě tohoto rozdělení je následně stanoven potřebný ekonomický kapitál. Tento model vychází z obecně přijímané teorie, která tvrdí, že rizikovost aktiva se úměrně zvyšuje s rostoucí rozptýleností skutečné hodnoty takového aktiva. Směrodatná odchylka se tedy stává jedním z ukazatelů rizikovosti aktiv. Změna hodnoty aktiva je odvozena od jeho případné kreditní migrace. Při převodu rizik jednotlivých aktiv na riziko celého portfolia se obecně používá metoda agregace jednotlivých rizik.

#### **2.3.4 Časový horizont**

Nedílnou součástí procesu určování kreditního rizika je stanovení časového intervalu, za který kreditní riziko bude vyměřováno. Ve valné většině případů se používá roční báze, ať už v rámci akademických dat nebo dat vydávaných různými agenturami, jež se kreditním rizikem zabývají. Každý investor si musí sám určit interval, za který chce měření rizika provádět. Není jednoznačné, který časový horizont je lepší, a proto je třeba se rozhodovat na základě dvou faktorů:

- Jako první faktor je určení likvidity trhu, v rámci kterého může být existující kreditní expozice prodána. Pokud je možnost tuto expozici prodat v krátkém



časovém horizontu, neexistuje pak žádný důvod čekat na delší časový horizont, kde by již mohlo dojít k uzavření trhu.

- Druhým faktorem jsou preference investora samotného.

Pro účely této diplomové práce použijeme jednoletý časový horizont, neboť právě tento časový horizont se využívá ve většině případů v rámci určování kreditního rizika.

## **2.4 Kreditní riziko země**

V rámci této diplomové práce se v první řadě zabýváme kreditním rizikem zemí, neboť v našem portfoliu jsou zahrnuty právě státní dluhopisy a tak je jejich kreditní riziko v podstatě rovno kreditnímu riziku dané země.

Kreditní riziko země je druhem kreditního rizika, a to rizika selhání zahraniční vlády či agentury podporované vládou. Čím je země důvěryhodnější, tím má vyšší hodnocení (rating) a tím je nižší výnosnost jí emitovaných dluhových nástrojů (dluhopisů, pokladničních poukázek), protože se pravděpodobnost nesplacení dluhového nástroje snižuje. Obecně jsou země považovány za nejlepší možné emitenty. Neplatí to pouze ve výjimečných případech.

Úvěrování kterékoli země se obecně považuje za nejméně rizikové v porovnání s úvěrováním jakýchkoli jednotek téže země. Ovšem do problémů se svými závazky a jejich splatností se mohou dostat i země. Příkladem může být velká krize ve 30. letech 20. století, jež způsobila selhání řady zemí. V 60. a 70. letech 20. století se dostala do problémů se splácením svých závazků Indie a Turecko. Nyní jsou ve velkých problémech se svým zadlužením Řecko, Irsko, Španělsko a další.

Zemím, které se dostanou do problémů se splácením svého dluhu většinou pomáhají ostatní mezinárodní instituce jako je například Světová banka nebo Mezinárodní měnový fond. Tato pomoc umožňuje zemím vyhnout se státnímu bankrotu, ovšem s sebou tato politika také nese riziko morálního hazardu.

U velkých a častých finančních výpomocí existují oprávněné obavy, že investoři budou investovat neopatrně, čímž mohou podporovat špatnou hospodářskou politiku dané země. Na druhé straně mohou existovat oprávněné obavy, že neposkytnutí finanční výpomoci

významným zemím může mít záporné dopady v tržních hospodářstvích těchto zemí. Zahraniční investoři mohou země opustit, neboť pro ně nesou příliš vysoké riziko investice. Jinak řečeno, bez finanční pomoci by některé ze zemí čas od času zbankrotovaly.

V případě úpadku země nelze provést uspokojení věřitelů z majetku země, který se nachází na území dané země. Pouze ve výjimečných případech mohou věřitelé dosáhnout na majetek země v zahraničí. Postup, který se uplatňuje v případě úpadku podniků nelze aplikovat na úpadek země, žádná země nemůže být předmětem insolventního řízení.

#### **2.4.1 Zadlužení veřejných institucí**

Stát obecně nebo jakákoli jiná veřejná instituce se na rozdíl od domácností a podniků v dané zemi mohou zadlužovat prakticky do nekonečna a to díky nekonečnosti jejich existence. Daně může stát kdykoli zvýšit, a tím si dluh snížit nebo jej zcela splatit. Zadlužování veřejných institucí je otázkou víry v daný systém a investoři veřejným institucím obecně věří. Trendem současnosti je neustálé zvyšování zadlužování veřejných institucí.

Obecně se vlády k veřejnému dluhu nechovají zodpovědně, a spíše rozhazovačně. Vlády jsou voleny pouze na určité období a tak pro ně není důležitý horizont v řádech desítek let, ale pouze několika nadcházejících let. Jedním z důvodů, proč veřejné instituce hospodaří tak často s rozpočtovými schodky patří i těžko naplnitelné volební sliby. Náklady na realizaci takovýchto slibů pak překračují výši příjmů daného rozpočtu a rozpočet se tak stává schodkovým. Vládní dluhy pak vznikají hromaděním těchto schodků. V této souvislosti se často připomíná tzv. efekt sněhové koule (snowball effect), čímž je myšleno zvyšování dluhové služby.

#### **2.4.2 Forma vládního dluhu**

Vládní dluh lze rozdělit na tržní a na netržní cenné papíry. **Tržní cenné papíry** jsou obchodovatelné a dostupné všem možným potencionálním zájemcům, patří sem pokladniční poukázky, směnky a obligace. Jednotlivé druhy mezi sebou se liší zejména v době splatnosti. Pokladniční poukázky jsou nejčastěji emitovány se splatností do jednoho roku, mohou však mít i tří měsíční splatnost. Směnky jsou splatné od jednoho do deseti let a obligace mají ještě delší dobu splatnosti. Směnky a obligace jsou pak spojeny ročním

kupónem a umořují se v nominální hodnotě v době splatnosti. Pokladniční poukázky jsou pak prodávány s diskontem a nenesou s sebou žádný úrok. Zvýšení hodnoty v době splatnosti pak představuje pro investora výnos. **Netržní cenné papíry** jsou určeny pro různé skupiny investorů a v držení je smí mít jen původní kupci. Obvykle je drží svěřenecké fondy centrální vlády. Pro vlády států a pro zahraniční vlády jsou vydávány zvláštní cenné papíry. Individuální investoři drží netržní cenné papíry ve formě vkladových listů. Tento druh cenných papírů byl zaveden jako hlavní zdroj financování v době Druhé světové války. V současnosti je v souvislosti s rozvojem nových druhů cenných papírů jejich význam snížen.

### **2.4.3 Řízení vládního dluhu**

Politiku řízení vládního dluhu lze definovat jako proces přijímání rozhodnutí o dluhové strategii, instrumentech, investicích, technikách emise a institucionálních aspektech a jejich následného uskutečnění tak, aby stanovených cílů bylo dosaženo. Dlouhodobá úspěšnost řízení vládního dluhu je podmíněna tím, aby operovala v efektivním rámci, mezi jehož rozhodující komponenty náleží:

- průhledná specifikace závazných cílů dluhového managementu a jejich transparentnost,
- odpovídající kooperace mezi dluhovou, monetární a fiskální politikou,
- efektivní institucionální a regulační rámec,
- dostatečné opatření kapacity dluhového managementu.

Cílem řízení vládního dluhu je zajištění výpůjčních potřeb a uspokojení již splatných závazků centrální vlády s minimálními ekonomickými náklady a udržením přijatelné míry rizika. Cílem alternativním pak může být podpora efektivnosti a likvidity domácího kapitálového trhu. Zajišťování výpůjčních potřeb vlád jako cíle primárního se v průběhu času stávalo více a více náročným úkolem z důvodu neustálého růstu finančních potřeb vlád a taky vzhledem k institucionálním reformám monetárních institucí a z toho plynoucí nutnosti tržní orientace při získávání volných zdrojů.

#### **2.4.4 Hlavní trendy a moderní operace aktivního dluhového managementu**

Zvýšený zájem o další podporu likvidity jednotlivých emisí státních dluhopisů na finančním trhu za účelem inkasa prémie za likviditu, která snižuje úrokové náklady dluhu, souvisí především s aktivním přístupem ministerstev financí a skrz ně pověřenými správci dluhu. Jako další významnou motivaci můžeme jmenovat účinnější řízení refinančního a tržního rizika. V rámci těchto účelů jsou ve vyspělých zemích používány zejména operace znovuvetírání emisí, tzv. reopening, zpětné odkupy („buy-backs“), výměny dluhopisů („switching“) a swapové kontrakty.

##### **Řízení refinančního rizika a tržní likvidity**

Tržní likvidita je v současné situaci velmi pečlivě sledována a tak musí být dluhová manažeři velmi opatrní, jak s ní naloží. Snad ve všech vyspělých zemích je na tento ukazatel kladen velmi vysoký důraz.

Současné techniky řízení tržní likvidity směřují spíše k snižování veřejného dluhu. Obecným hlavními prostředky k podpoře likvidity na kapitálovém trhu jsou:

- koncentrace emisí do benchmarků,
- eliminace určitých splatností při primárních aukcích
- reopening, tj. navyšování již existujících emisí, spíše než nová emise,
- zpětné odkupy nebo výměny nesplaceného dluhu před datem splatnosti
- využití swapů k zajištění proti úrokovému a měnovému riziku
- využití měnových swapů k tvorbě dluhu v cizí měně při současném růstu emisí na domácím trhu.

Podstatou operace zpětného odkupu („buy-back“) je to, že centrální vláda přímo odkupuje na sekundárním trhu vybrané emise státních cenných papírů před jejich řádným datem splatnosti. V poslední době jsou operace typu „buy-back“ (switching) velice oblíbené a souvisí to jak s globálním důrazem na likviditu tak s klesajícími výpůjčními požadavky centrálních vlád při dodržování Maastrichtských kritérií. I přes oblibu operací tohoto typu nejsou prováděny pravidelně.

## **Řízení tržního rizika**

Rostoucí význam swapových kontraktů souvisí zejména se zvyšujícím se důrazem na řízení rizika dluhových portfolií v poslední době. Swapové operace umožňují doladovat úrokovou a měnovou strukturu portfolia z hlediska peněžních toků. Využívání finančních derivátů v rámci dluhového managementu vyžaduje velmi důsledné analytické vyhodnocení jejich přínosů a nákladů, ať už v podobě očekávaných úrokových nákladů nebo redukce rizika, která musí být velmi proporciálně kvantifikovaná.

### 3 Popis metodologie CreditMetrics

V rámci této kapitoly bude detailně popsán model CreditMetrics, který je v současné době jedním z nejpoužívanějších modelů používaných k měření kreditního rizika. Tento model je vhodné používat mimo velké finanční instituce, a to zejména díky své nenáročnosti a běžné dostupnosti informací o něm.

V rámci této kapitoly budeme vycházet z publikace CreditMetrics Technical document (1997).

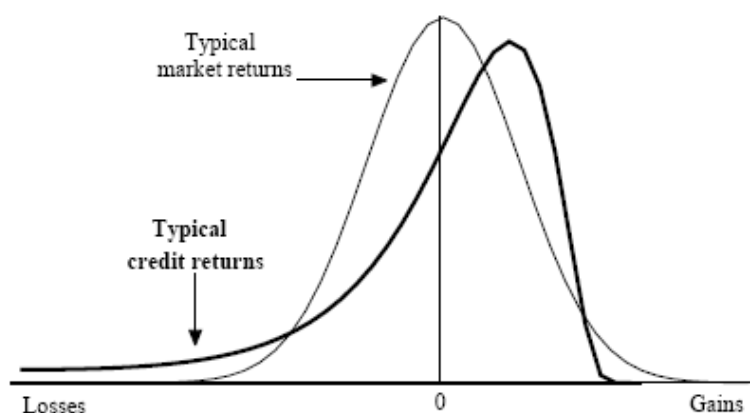
#### 3.1 *Charakteristika CreditMetrics*

Tato metoda stanovení kreditního rizika byla vyvinuta newyorskou společností J. P. Morgan ve spolupráci s dalšími společnostmi, jako např. Bank of America, BZW, Deutsche Morgan Grenfel, KMV Corporation, Swiss Bank Corporation, Union Bank of Switzerland atd. Tento model vznikl jako první model měření kreditního rizika portfolia. Podnětem, který zadal vzniku této metodologii, byla snaha zajistit větší transparentnost kreditního rizika a vytvořit jednotné měřítko pro jeho měření.

CreditMetrics se snaží popsat volatilitu hodnoty dluhu v závislosti na změně kreditní kvality dlužníků a hodnotí riziko v kontextu celého portfolia. V rámci jednotlivých dlužníků existuje vzájemná korelace, která umožňuje vyčistit vlivy diverzifikace anebo potenciální koncentraci uvnitř portfolia. Metodologie se snaží popsat, co nemůže přímo stanovit a to je volatilita hodnoty dluhu způsobená změnou v kreditní kvalitě dlužníka. Hodnotí riziko v celém kontextu portfolia.

Při stanovování kreditního rizika mohou vzniknout některé problémy, které vznikají při modelování kreditního rizika v rámci portfolia. Je vcelku složitým procesem aplikovat teorii portfolia na riziko kreditního portfolia a to proto, že existují významné rozdíly mezi kreditním rizikem a rizikem vývoje cen dluhopisů. V grafu č 3.1. lze pozorovat rozložení pravděpodobnosti kreditního rizika, jež je vysoce zkreslené protože má tzv. těžké konce, a obraty vlastního jmění, jež jsou relativně symetrické.

**Graf 3.1: Rozdělení pravděpodobnosti kreditního rizika<sup>1</sup>**



Dalším obtížným prvkem je modelování korelací. U akcií mohou být korelace jednoduše odhadovány přímo z tržních cen, u dluhových instrumentů je to z důvodu nedostatku dat takřka nemyslitelné a tak nastávají problémy v odhadu korelací přímo z historie.

Model je možno řešit analyticky, anebo simultánně a to pomocí simulace Monte Carlo. Oba způsoby jsou ekvivalentní, jejich uplatňování v praxi závisí na velikosti modelovaného portfolia a v případě i na dosažitelnosti vstupních dat. Pro analytickou metodu musíme mít sofistikované vstupní data, náročnost výpočtu je pak dána velikostí portfolia a jeho růstem geometrickou řadou.

Při posuzování kreditního rizika musíme znát:

- Rating – schopnost dlužníka dostát svým závazkům – ratingové hodnocení je možno přejmout z dat ratingových agentur, nebo vytvořit vlastní systém ratingového hodnocení.
- Hodnotu dluhu pro každý možný rating na konci období.

---

<sup>1</sup> CreditMetrics™ Technical document, str. 7

- Pravděpodobnost změny ratingové kategorie v daném časovém období – v rámci praktické části byly tyto data převzaty z dokumentu společnosti Standard&Poor's.

Pomocí metodologie CreditMetrics stanovujeme Value at Risk u individuálních aktiv (státních dluhopisů) a portfolia v rámci kreditního rizika v rámci tří základních kroků.

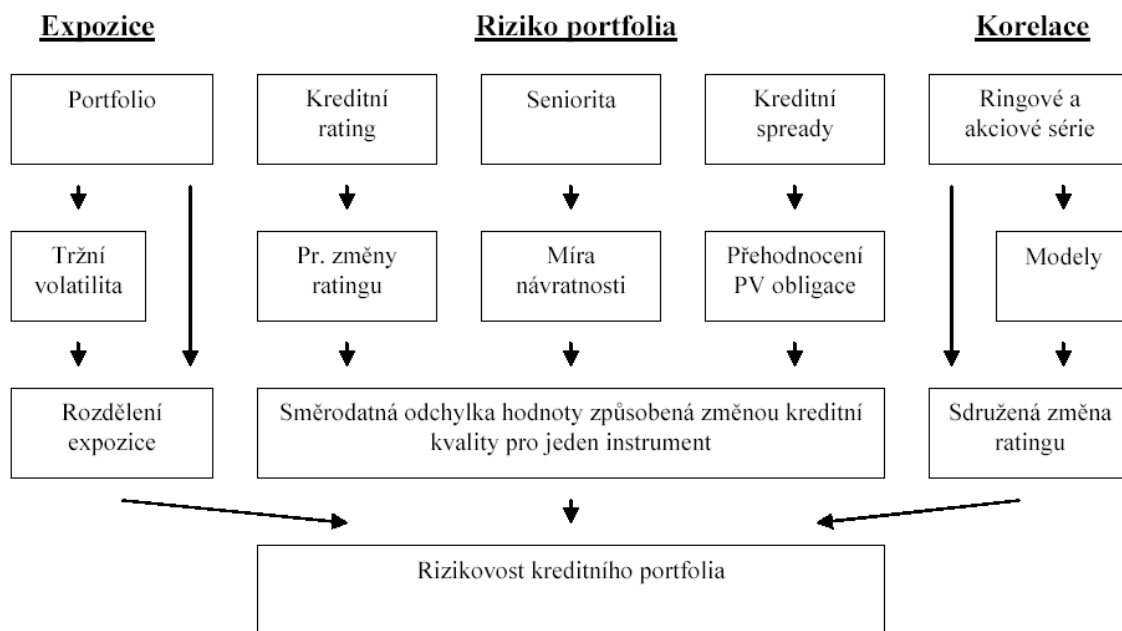
Jako první si stanovíme expozici jednotlivých aktiv (dluhopisů) v rámci portfolia zahrnutých. Následně si určíme volatilitu těchto jednotlivých instrumentů v rámci možných změn v kreditním ohodnocení protistrany, případně selhání. Pravděpodobnost změny kreditního ohodnocení dlužníka vychází z historických dat. Tato metodologie počítá pravděpodobnost změny kreditního ohodnocení obligace během určité časové doby. Každý posun pak znamená změnu v hodnotě obligace. Výsledná hodnota je následně vážena pomocí pravděpodobnosti vytvoření distribuční funkce a z této hodnoty je následně vypočtena očekávaná hodnota a volatilita těchto aktiv. Jako poslední se berou v potaz korelace mezi jednotlivými dlužníky (emitenty), a to proto, aby mohlo být hodnoceno portfolio jako celek.

Výsledkem pak bude stanovení kreditního rizika portfolia a to pomocí metody Value at Risk, jež je srovnatelné s výpočtem Value at Risk pro tržní riziko.

Jednotlivé kroky pak vidíme v Grafu 3.2.



**Graf 3.2: Popis postupu v rámci metodologie CreditMetrics<sup>2</sup>**



### 3.1.1 Metody měření rizika

V rámci metodologie CreditMetrics existují dvě míry rizika, které jsou používány:

- směrodatná odchylka,
- percentily.

**Směrodatná odchylka** definuje rozptyl okolo střední hodnoty celého portfolia. Čím je rozptyl větší, tím je rovněž směrodatná odchylka větší, a tedy je větší i riziko. Pokud je hodnota portfolia vyjádřena v peněžních jednotkách, tak potom je i hodnota směrodatné odchylky vyjádřena v peněžních jednotkách.

Pokud chceme spočítat směrodatnou odchylku, musíme si nejprve spočítat střední hodnotu portfolia. Tato střední hodnota se pak vypočítá násobením hodnoty portfolia ( $V_i$ ) a odpovídající pravděpodobnosti ( $p_i$ ).

---

<sup>2</sup> CreditMetricsTM Technical document, str. 41

**Střední hodnota,**

$$\mu_p = \sum_i p_i \cdot V_i. \quad (3.1)$$

**Rozptyl,**

$$\sigma_p^2 = \sum_i p_i \cdot (V_i - \mu_i)^2. \quad (3.2)$$

**Směrodatná odchylka,**

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_p^2} \quad (3.3)$$

Kreditní riziko nemá normální rozdělení pravděpodobnosti, a tudíž výklad směrodatné odchylky je velice komplikovaný. Rozdělení hodnot dluhu má tzv. těžké konce (fat tails) na straně ztrát a limitovaný zisk. Délka těchto těžkých konců by mohla být charakterizována směrodatnou odchylkou, ovšem charakteristika percentilem je v rámci tohoto modelu lepší.

**Percentil** je nejnižší hodnota, jaké může portfolio aktiv s určitou pravděpodobností nabýt. Jako příklad můžeme uvést výpočet prvního percentilu, tedy pravděpodobnosti, že hodnota portfolia bude menší, než je tento percentil, je pouze 1%. Ovšem neexistuje žádný percentil, který by byl nejsprávnější ze všech. Záleží na konkrétní volbě správce portfolia, tedy každý individuální správce portfolia může zvolit například 10%, 5%, 1%, 0,5%, atd. Pokud chceme percentil stanovit, musíme nejdříve vyčíslit rozdělení hodnot portfolia. Stanovíme si hodnoty portfolia na konci roku s jím odpovídající pravděpodobností. Pravděpodobnosti se sčítají od nejnižších hodnot. První hodnota, ve které je pravděpodobnost rovna nebo větší než jedna, je prvním percentilem.

V portfoliu, kde jsou více než dvě aktiva, je třeba použít simulaci Monte Carlo. Hodnoty se musí setřídit vzestupně, prvním percentilem z těchto hodnot je ta hodnota, pod kterou je přesně 1% z celkových hodnot. Tedy pro 1 000 hodnot portfolia je prvním percentilem desátá hodnota, pátým percentilem padesátá hodnota atd.

### **3.1.2 *Marginální riziko***

Marginální riziko slouží k definování příspěvku každého jednoho individuálního aktiva k celkovému riziku portfolia a jsou velmi důležitým měřítkem v rámci řízení kreditního rizika portfolia. Pokud mluvíme o marginálním riziku daného aktiva, myslíme tím rozdíl mezi rizikem celého portfolia a rizikem portfolia bez daného aktiva.

Při rozhodování o tom, zda daný dluhopis držet či jej prodat, se investor neřídí jen jejími charakteristikami tedy střední hodnotou a směrodatnou odchylkou, ale tyto charakteristiky musí být spočítány v rámci celého portfolia. Je potřeba se seznámit s tím, jak se zvýší riziko portfolia, přidáme-li do portfolia jeden konkrétní dluhopis a právě to nám marginální riziko vyjadřuje. Marginální směrodatná odchylka je pak menší než směrodatná odchylka konkrétního dluhopisu. Konkrétního snížení rizika je pak dosaženo diverzifikací v rámci portfolia, protože tyto dva dluhopisy nejsou dokonale korelovány.

Marginální riziko je pak možné stanovit i pro percentily a to tak, že se vypočítá rozdíl percentilů portfolia, v němž je daný dluhopis obsažen a portfolia, ve kterém daný dluhopis není obsažen.

#### ***Rizikovitost konkrétních aktiv v portfoliu***

Pro každé jednotlivé konkrétní aktivum se počítají čtyři základní charakteristiky a to:

- Směrodatná odchylka aktiva,
- směrodatná odchylka vyjádřená procentem ze střední hodnoty aktiva,
- marginální směrodatná odchylka,
- marginální směrodatná odchylka vyjádřená v procentech z tržní hodnoty konkrétního aktiva.

### **3.1.3 *Využití metody CreditMetrics***

Metodologie CreditMetrics má velmi široké využití. Je možné tuto metodologii použít pro stanovení priorit při snižování rizika portfolia, měření a porovnávání kreditního rizika, stanovení vázanosti kapitálu vzhledem ke kreditnímu riziku a optimalizaci portfolia

### ***Stanovení priorit***

V rámci kreditního rizika existují minimálně dvě složky, u kterých existuje nějaký význam při jejich snižování. Problém však nastane při rozhodování o tom, zda si vybrat hodnotu dluhu v peněžních jednotkách nebo statistickou hodnotu rizika.

Přístupy:

- přehodnocení dlužníků v rámci nejvyšší peněžité hodnoty dluhu,
- přehodnocení dlužníků v rámci nejvyššího procentního rizika,
- přehodnocení dlužníků v rámci nejvyššího absolutního marginálního rizika (takoví dlužníci pak přispívají nejvíce k rizikovosti portfolia jako celku).

Nejvhodnější ze všech je přístup přehodnocování dlužníků v rámci nejvyššího absolutního marginálního rizika, protože je součinem předchozích dvou a tudíž kombinuje dvě hlediska. Tento přístup se zaměřuje na dlužníky s vysokým procentním rizikem i relativně vysokou hodnotou dluhu a tito dlužníci pak způsobují největší volatilitu portfolia.

V rámci rozhodování o tom, na které dlužníky se primárně zaměřit je důležité znát, zda výnosnost portfolia odpovídá podstupovanému riziku. V rámci tohoto rozhodování použijeme model CAPM a to s ohledem na korelace mezi ostatními aktivy v portfoliu zahrnutými, protože právě jedno aktivum může přispívat různou měrou rizika v různých portfoliích při zachování stejné rizikovosti portfolia jako celku.

#### ***3.1.4 Limity kreditního rizika***

Pro stanovení limit kreditního rizika použijeme rizikové statistiky. Jaký typ rizikových měr a jaká taktika bude použita v rámci sestavení těchto limitů, je v plné kompetenci rozhodnutí manažera portfolia. Manažer pak bere v úvahu ***tři aspekty***:

- typ limitu,
- volba měření rizika,
- politika limitů – taktika.

#### ***Typy limitů kreditního rizika***

Existují zde tři možné limity kreditního rizika zmíněných v předchozí části:

- Soubor limitů založený na procentním riziku (horizontální limit),
- soubor limitů založený na velikosti dluhu v peněžním vyjádření (vertikální limity),
- soubor limitů založený na absolutním marginálním riziku (hyperbolické limity).

Stejně jako v předchozí části můžeme i zde určit jako nejlepší přístup a to ten, kdy je limit založený na absolutním marginálním riziku, protože má největší vliv na celkové riziko portfolia a to se shoduje s přirozeným smýšlením manažera portfolia.

### ***Volba měření rizika***

Abychom mohli rozhodnout o stanovení limitů, musíme rozhodnout i o způsobu měření rizika: použít marginální nebo individuální statistiky, anebo použít směrodatnou odchylku, percentily nebo jiné.

Tyto statistiky dovolují svému uživateli posoudit jedno konkrétní aktivum vzhledem k jeho dopadu na celé portfolio s ohledem na efekty korelace a diverzifikace. Ovšem na druhou stranu lze použít i individuální statistiky. Příkladem může být, že máme portfolio jež obsahuje velké procento emise obligací od jednoho emitenta. I když tento emitent má velmi nízkou korelaci s ostatními emitenty v portfoliu (tedy obligace má velice nízké marginální riziko), může být tento emitent považován za rizikového, protože má velkou váhu v portfoliu vzhledem k jeho velikosti. A právě proto je důležité znát individuální riziko každého dlužníka (emitenta).

### ***Politika problémů***

Manažer se může rozhodnout a stanovit více limitů, aby ochránil portfolio před nežádoucím rizikem, kdy překročení těchto limitů ne vždy znamená nepřijetí obligace. Existují tzv. „*tvrdé*“ limity, kterými se zamezuje dalšími poskytnutí peněžních prostředků danému dlužníkovi, odvětví, regionu atd. a tzv. „*měkké*“ limity, kdy jejich překročení slouží pouze jako informace, která potřebuje hlubší prozkoumání.

### ***3.1.5 Ekonomický kapitál***

Při stanovování ekonomického kapitálu se nezabýváme jednotlivými aktivy, ale soustředíme svůj zájem na celkové riziko portfolia. Podstatou je aplikace výpočtů

kreditního rizika, konkrétně oceňování kapitálu, který musí mít podnik, který má kreditní portfolio v držbě.

Jeho hlavní myšlenka spočívá v tom, že závazky firmy jsou v čase konstantní, zatímco aktiva firmy jsou riziková. Pokud hodnota aktiv klesne pod určitou hodnotu, nastane situace, kdy ekonomický subjekt už není schopen dostát svým závazkům.

Ekonomický kapitál lze měřit za pomoci rozdělení pravděpodobnosti hodnot portfolio, jež jsou popsány v předešlých kapitolách. Pro měření ekonomického kapitálu jsou zcela nejvhodnější percentily. S použitím například prvního percentilu, lze ekonomický kapitál definovat jako úroveň ztráty portfolio, u které jsme si na 99% jisti, že tato ztráta nenastane. Za použití rozdělení pravděpodobnosti přírůstku portfolio jej lze definovat jako rozdíl mezi hodnotou VaR na dané hladině významnosti a střední hodnotou ztráty, což můžeme zapsat jako:

$$\text{Ekonomický\_kapitál}_\alpha = \text{VaR}_\alpha - \text{Střední\_hodnota\_ztráty}, \quad (3.4)$$

kde  $\text{VaR}_\alpha$  je stanoveno tak, že se setřídí simulované hodnoty výnosů portfolio dle pořadí, a pak je hodnota VaR na dané hladině pravděpodobnosti rovna nejvyšší bližší hodnotě výnosu portfolio pro pokus,  $n = \alpha \cdot N$ , kde  $n$  je uspořádané číslo příslušného pokusu,  $N$  je počet pokusů, a z toho záporné hodnotě.

### 3.2 *Výchozí parametry modelu CreditMetrics*

V rámci této kapitoly budou blíže popsány jednotlivé vstupní parametry, které jsou pro stanovení kreditního rizika pomocí modelu CreditMetric nezbytné a bez nichž by nebylo možno výpočet stanovit.

#### 3.2.1 *Matice přechodů a míry návratnosti v případě defaultu*

Matice přechodu je vlastně matice, která souhrnně uvádí individuální pravděpodobnosti změny ratingového hodnocení na konci období, tedy pravděpodobnost změny původního ratingového ohodnocení při přechodu na nižší respektive vyšší ratingový stupeň.

V rámci této diplomové práce budeme vycházet z matice přechodu společnosti Standard&Poor's pro přechod států mezi jednotlivými ratingovými kategoriemi (viz. Tabulka 3.1). Z tabulky 3.1 vyplývá že např. s pravděpodobností 3,6% se na konci období změni ratingové ohodnocení aktiva původně ohodnoceného ratingem BBB na ratingové ohodnocení A, ale s pravděpodobností 71,4% zůstane ratingové hodnocení nezměněno. Pro všechny pravděpodobnosti platí pravidlo, že suma pravděpodobností každé kategorie se rovná 100%.

**Tabulka 3.1 – Jednoletá matice přechodů pro státy společnosti Standard and Poor's (Sovereign transitiv matrix)<sup>3</sup>**

	AAA	AA	A	BBB+	BBB	BBB-	BB+	BB	BB-	B+	B	B-	CCC	CC/D
AAA	0,969	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AA	0,006	0,977	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A	0,000	0,030	0,940	0,009	0,009	0,001	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000
BBB+	0,000	0,002	0,181	0,697	0,057	0,060	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
BBB	0,000	0,000	0,036	0,129	0,714	0,118	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
BBB-	0,000	0,000	0,001	0,006	0,098	0,827	0,039	0,001	0,000	0,014	0,013	0,000	0,000	0,000
BB+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,117	0,815	0,059	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
BB	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,027	0,070	0,855	0,023	0,023	0,001	0,000	0,000	0,000
BB-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,055	0,030	0,751	0,148	0,007	0,002	0,003	0,001
B+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,027	0,027	0,048	0,718	0,096	0,028	0,034	0,020
B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003	0,005	0,200	0,727	0,055	0,006	0,001
B-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,088	0,804	0,062	0,037
CCC	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,065	0,214	0,693
CC/D	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,163	0,006	0,824

Přechodové matice sestavují předně světové ratingové společnosti. Můžeme je ale také spočítat na základě historických změn ratingů a neschopností velkého počtu firem splácet. Ne každou přechodovou matici lze použít v metodologii CreditMetrics, musíme zde brát v úvahu to, zda jsou všechny firmy (v našem případě státy) ohodnoceny správným ratingem a firmy (státy) se stejným ratingem se chovají stejně.

---

<sup>3</sup> The Estimation of Transition Matrices for Sovereign Credit Ratings, str. 24

Míry návratnosti jsou popsány již v předchozí kapitole a jsou dalšími výchozími parametry modelu CreditMetrics. Odhad hodnoty pohledávky v případě defaultu (selhání) dlužníka je složitý proces. Pokud investor kupuje obligaci věří, že dlužník svůj závazek dostojí a dluh splatí, protože jinak by mu zcela jistě své finanční prostředky investor neposkytl. Ovšem stávají se i situace, kdy investor o všechny své investované prostředky přijde.

V případě selhání dlužníka (emitenta) existuje při odhadu míry návratnosti několik komplikací, zejména kdy tuto míru odhadnout. Zda neprodleně po oznámení defaultu nebo s určitým zpožděním, nebo po úplném vypořádání konkurzního řízení, které se však může protáhnout i v rámci několika let.

V historii bylo provedeno několik studií, které měly napomoci v určení vhodné doby pro odhad míry návratnosti. Jednou z nich je například studie Eberharta a Sweeneyho z roku 1999, jejímž výsledkem bylo doporučení provádět odhad míry návratnosti jeden měsíc od oznámení úpadku dlužníka.

### ***3.2.2 Stanovení charakteristik jednotlivých dluhopisů zahrnutých v portfoliu<sup>4</sup>***

V rámci této kapitoly se budeme zabývat jednotlivými konkrétními dluhopisy, které jsme si zahrnuli do svého portfolia. Bude zde kladen důraz především na výpočet současné hodnoty obligace. K tomuto účelu poslouží matice přechodů, jejichž prvky  $p_{ij}$  zastupují pravděpodobnost přechodu mezi ratingovými kategoriemi  $i$  a  $j$  za určité časové období  $T$  (1 rok).

#### ***Stanovení hodnoty kreditních instrumentů a diskontní sazby***

Nyní je potřeba vypočítat hodnotu vybraných obligací a to dle ratingových kategorií. Tuto hodnotu stanovíme pomocí současné hodnoty budoucích peněžních toků dle následujícího vzorce:

---

<sup>4</sup> European banks and the creditmetrics model: Can we make its implementation easier?. *Euro working group on financial modelling*, s. 525-554.



$$PV = \sum_t^n \frac{C_t}{(1+r_t)^t} + \frac{NH}{(1+r_n)^n}, \quad (3.5)$$

kde  $C_t$  je kupónová platba v jednotlivých letech,  $r_t$  je výnos do splatnosti,  $NH$  je nominální hodnota dluhopisu a  $n$  je počet let do data splatnosti.

Z výše uvedeného vzorce vyplývá, že pro výpočet současné hodnoty budoucích peněžních toků obligace je potřeba si stanovit příslušné diskontní úrokové míry. Jeden ze způsobů jak tak učinit je stanovení diskontních sazeb na základě výnosové křivky, která je odvozena z matice přechodů. Nejdříve je nutné určit matici přechodu pro jednotlivé roky. Matice přechodu pro jeden rok se doplní o pravděpodobnost úpadku a o přechodové pravděpodobnosti z úpadku na jiný rating, kdy je tato pravděpodobnost je nulová, protože pokud je společnost v úpadku, tak nemůže zlepšit své ratingové hodnocení. Pravděpodobnost úpadku společnosti, která se již v úpadku nachází je naopak rovna 1 (100%). Touto úpravou pak získáme matici  $T$ ,

$$T = \begin{vmatrix} T_v & t_d \\ 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (3.6)$$

Dvouletá matice přechodů se pak spočítá jako součin matic  $T$  a  $T$ .

$$T^2 = T \cdot T = \begin{vmatrix} T_v^2 & (1+T_v)t_d \\ 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (3.7)$$

a  $n$ -roční matice přechodů,

$$T^n = T \cdot T = \begin{vmatrix} T_v^n & \sum_{i=0}^{n-1} T_v^i t_d \\ 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (3.8)$$

Kde poslední sloupec  $T^n$  udává pravděpodobnost úpadku společnosti. Pro každou ratingovou kategorii  $i$ ,  $p_n^i$  znamená pravděpodobnost úpadku v průběhu  $n$  let. Zjištěnou pravděpodobnost úpadku  $p_n^i$  lze nyní využít pro výpočet výnosových křivek.

Aby měl investor nějakou motivaci k investici do určitého aktiva, musí mu toto aktivum přinášet určitou rizikovou prémii. Jednoletá úroková míra  $r_i$  pro společnost s ratingovým stupněm  $i$  vychází z rovnice:

$$(1+r_1^i)(1-p_1^i) + p_1^i \cdot RR = 1+r_1^F, \quad (3.9)$$

kde  $RR$  je očekávaná míra návratnosti v případě selhání dlužníka (% z nominální hodnoty) a  $r_i^F$  je jednoletá bezriziková úroková míra.

Dvouletá úroková sazba se počítá z rovnice:

$$p_1 \cdot RR \cdot \frac{(1+r_1^F)^2}{(1+r_2^F)} + (p_2^i - p_1^i) \cdot RR + (1+r_2^i)^2(1-p_2^i) = (1+r_2^F)^2, \quad (3.10)$$

kde  $p_1^i$  a  $p_2^i$  symbolizují pravděpodobnost úpadku v prvním roce a pravděpodobnost úpadku ve druhém roce.

$$r_2^i = \sqrt{\frac{(1+r_2^F)^2 - p_1^i \cdot RR \cdot \frac{(1+r_2^F)^2}{(1+r_1^F)} - (p_2^i - p_1^i) \cdot RR}{1-p_2^i}} - 1, \quad (3.11)$$

$$r_n^i = \sqrt{\frac{(1+r_n^F)^n - RR \cdot \sum_{i=1}^n \left\{ p_{j-1}^i \frac{(1+r_n^F)^n}{(1+r_{j-1}^F)^{j-1}} (p_j^i - p_{j-1}^i) \right\}}{1-p_n^i}} - 1. \quad (3.12)$$

Záleží na každém individuálním investorovi, jakou úrokovou míru si dosadí jako bezrizikovou. Můžeme to být například sazba PRIBOR, LIBOR, nebo třeba i dvoutýdenní reposazba. Forwardové sazby této bezrizikové úrokové míry pro jednotlivé roky jsou stanoveny na základě implicitní teorie jako:

$$f_t = \frac{(1+y_t)^t}{(1+y_{t-1})} - 1. \quad (3.13)$$

### 3.2.3 Korelace kreditní kvality dlužníků

Diverzifikace v rámci eliminace kreditního rizika je více problematická, než je tomu například u tržního rizika. V rámci tržního rizika lze diverzifikovat i v případě malých akciových portfolií nebo je možno použít likvidní derivátové nástroje, které jej zajistí. U kreditního rizika ovšem větší počet titulů nutně neznamená, že bude portfolio diverzifikováno efektivně. Úkolem kreditních modelů totiž není pouze riziko počítat nebo

odhalovat, ale zároveň identifikovat jeho hlavní příčiny, což nadále umožňuje konstruovat portfolia lépe diverzifikovaná. V rámci této činnosti musíme brát v potaz volatilitu cen jednotlivých instrumentů, meziodvětvovou korelaci a korelaci devizových kurzů.

Při stanovení korelace mezi dlužníky můžeme k výpočtu použít vývoj akcií, a to proto, že CreditMetrics vychází z informací o vývoji vlastního kapitálu. V rámci tohoto kroku tedy budeme potřebovat tyto vzorce.

Měsíční kapitálový výnos akcie,

$$R_{i,t} = \frac{P_{i,t} - P_{i,t-1}}{P_{i,t-1}}. \quad (3.14)$$

Střední hodnota výnosů,

$$E(R_i) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N R_{i,t}. \quad (3.15)$$

Rozptyl výnosů,

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N [R_{i,t} - E(R_i)]^2. \quad (3.16)$$

Směrodatná odchylka výnosů,

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N [R_{i,t} - E(R_i)]^2} = \sqrt{\sigma_i^2}. \quad (3.17)$$

Kovariance výnosů,

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N [R_{i,t} - E(R_i)] \cdot [R_{j,t} - E(R_j)]. \quad (3.18)$$

Korelace výnosů,

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \cdot \sigma_j}. \quad (3.19)$$

Korelace mezi jednotlivými firmami řešíme pomocí matic. Korelační matici jednotlivých emitentů nazýváme maticí  $C$  ( $m + n, m + n$ ), kterou určíme takto:

$$C = \begin{pmatrix} 1 & \rho(X_2, X_1) & \cdots & \rho(X_2, X_n) \\ \rho(X_1, X_2) & 1 & \cdots & \rho(X_1, X_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho(X_n, X_2) & \cdots & \cdots & 1 \end{pmatrix}. \quad (3.20)$$

Následovně si sestojíme pomocnou matici  $W$  ( $m+n, n$ ), kde sloupce představují jednotlivé konkrétní cenné papíry a řádky reprezentují jednotlivé faktory, které jsou těmto cenným papírům přiřazeny. Matici  $W$  následně transponujeme, a tím získáme matici  $A$ .

Korelační matice  $A$  ( $n, n$ ), je dána vztahem:

$$A = W^T \cdot C \cdot W, \quad (3.21)$$

kde  $W^T$  je transponovaná matice  $W$ . Vzhledem k tomu, že se portfolio v této práci skládá ze státních dluhopisů v zastoupení vždy od jednoho státu po jednom. Můžeme celý tento proces tvoření matice  $W$  a  $A$  přeskočit, neboť výsledná matice bude rovna korelační matici  $C$ .

Předtím, než začneme modelovat korelace ve změnách ratingu, je nutné se podívat na minulost změn v ratingovém hodnocení (včetně defaultů), aby bylo zcela jasné, zda takové korelace vůbec existují. Každý jednotlivý podnik je zcela jedinečný v mnoha ohledech a změny v jeho ratingu tedy ratingovém hodnocení jeho dluhových cenných papírů jsou specifické. Korelace mezi změnami v ratingu by tedy neměla vůbec existovat. Lze však dokázat pomocí různých statistik defaultů společností Standar&Poor's a Moody's, že korelace zde existují. Tyto společnosti staví své studie na obrovském množství dat, kdy lze předpokládat, že jsou-li selhání společností mezi sebou nekorelovány, měla by být míra defaultů společností stabilní. Na druhou stranu pokud by byly defaulty korelovány perfektně, šlo by očekávat, že v některých letech by všechny sledované společnosti selhaly a v jiných by neselhala žádná. Pravda se v tomto případě nachází někde uprostřed mezi těmito protipóly, z toho můžeme usoudit, že částečná korelace zde určitě existuje.

Existuje několik teoretických přístupů, pomocí nichž odhadujeme korelace kreditních ratingů mezi dlužníky (emitenty) a to přímý odhad sdružených pravděpodobností migrace,

odhad korelací pomocí historických cen dluhopisů a model hodnoty aktiv (Asset value model).

***Přímý odhad spojených kreditních pohybů:*** Provádí se prověřování časových řad změn ratingových kategorií společností nebo dluhopisů, které jsou spolu vzájemně časově synchronizované. Výhodou této metody je, že se můžeme vyhnout nutnosti odhadu korelace a doprovodnému popisnému modelu, naopak nevýhodou je vysoká náročnost na čas a skutečnost, že tento přístup nebere v úvahu různá odvětví, v nichž sledované firmy působí.

***Odhad korelací pomocí historických cen obligací:*** Pohyby cen dluhopisů odráží změny v jejich kreditní kvalitě, a proto je vhodné použít korelace mezi změnami cen těchto dluhopisů k odhadu korelací mezi změnami schopností společností dostát svým závazkům. Tento model je těžko aplikovatelný, protože vstupní datová množina není adekvátní.

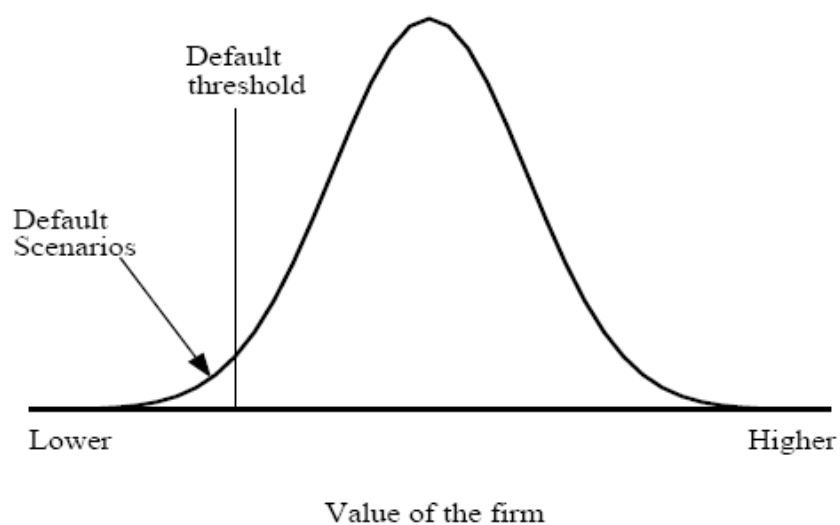
***Model hodnoty aktiv (Asset value model):*** Jedná se o nepřímý způsob odhadu korelací. Je založen na předpokladu, že změny v ceně aktiv firmy způsobují změnu ratingu. Tento model je v praxi aplikovatelný a bude popsán v další kapitole.

### **3.2.4 Asset value model**

Podstatou tohoto modelu je, že odhaduje sdružené změny ve změnách ratingového hodnocení a to včetně defaultu „nepřímo“. Tento model je ve své podstatě založený na opčně teoretickém přístupu, který proslavili Black, Scholes a Merton. Přístup výzkumné společnosti KMV je založený na opční teorii a práci jednoho analytika, vlastníka této společnosti, který dále rozpracoval Mertonův model. V rámci této teorie platí, že hodnota firemních aktiv determinuje možnost firmy dostát svým závazkům a splácet řádně a včas své závazky. Pokud hodnota aktiv společnosti klesne pod určitou stanovenou mez, nebude již tato společnost dále schopna dostát svým závazkům a vyhlásí tak úpadek.

V grafu č. 3.2 Vidíme systém toho, jak se v rámci modelu pohlíží na úpadek firmy jako na funkci hodnoty aktiv, kdy tento model vychází právě z Mertonova modelu.

**Graf 3.2: Model hodnoty firmy a hranice úpadku (Model of firm value and it's default threshold)<sup>5</sup>**

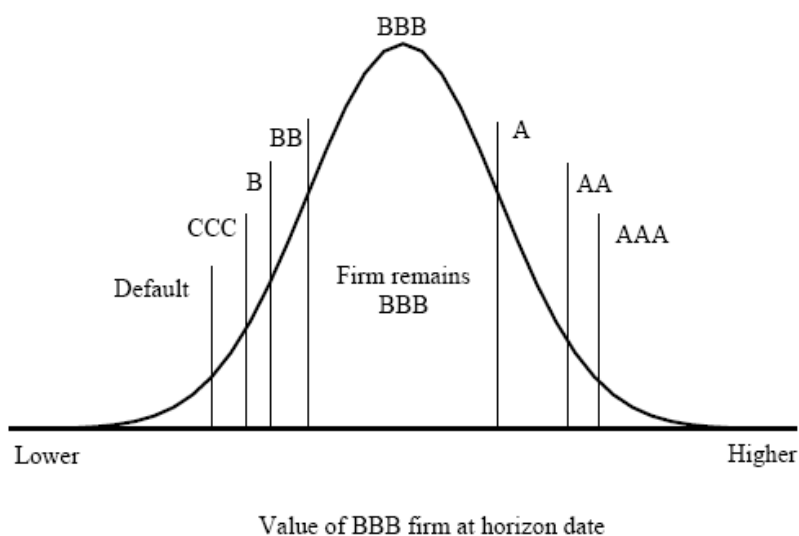


Pokud daný model rozšíříme o jednotlivé ratingové kategorie, tak překročí-li hodnota aktiv společnosti určitou danou úroveň, dojde pak ke změně jejího ratingového ohodnocení jak vidíme v grafu 3.3.

---

<sup>5</sup> CreditMetrics™ Technical document, str. 37

**Graf 3.3: Model hodnoty aktiv a změny ratingu (Model of firm value and generalized credit quality thresholds)<sup>6</sup>**



Pokud bude platit předpoklad, že jsou známy prahy hodnot aktiv firmy, bude nutno modelovat změny v hodnotě aktiv firmy, aby bylo možno popsat vývoj ratingu. Z pravděpodobností změny kreditního ratingu, která je uvedena v transmisní matici lze tyto intervaly (prahy) odvodit. To vše ovšem platí za předpokladu normálního rozdělení procentních změn hodnoty aktiv, neboli návratnosti aktiv  $R$ , které může být definováno pomocí střední hodnoty  $\mu$  a směrodatné odchylky  $\sigma$ . Pro zjednodušení platí předpoklad, že střední hodnota  $\mu$  je rovna nule. Nyní již můžeme stanovit spojení mezi intervaly (prahy) a transmisními pravděpodobnostmi. Volatilita se však nevztahuje ke kreditnímu instrumentu, ale k hodnotě aktiv firmy.

Podle předchozích parametrů můžeme dojít ke stanovení vztahu mezi prahovými hodnotami firmy s ratingem BBB a jednorocní matici přechodů. Předpokládejme, že máme tyto prahy návratnosti  $Z_{Def}$ ,  $Z_{CCC}$ ,  $Z_{BBB}$ , atd. pak jestliže  $R < Z_{Def}$  vyplývá z toho, že dlužník je v úpadku. Když  $Z_{Def} < R < Z_{CC}$ , tak je dlužníkův rating CCC, atd. Příkladem

---

<sup>6</sup> CreditMetrics™ Technical document, str. 37

můžeme uvést, že pokud je  $Z_{Def}$  rovno -90% znamená to, že pokud hodnota aktiv klesne o 90% a více, dlužník se dostane do úpadku.

Předpokládáme-li tedy, že hodnota  $R$  patří do normálního rozdělení pravděpodobnosti, můžeme si stanovit pravděpodobnost všech možných situací, které mohou nastat.

**Tabulka 3.2: Jednoleté pravděpodobnosti změny kreditní kvality pro dlužníka s výchozím ratingem BB-**

Rating	Pravděpodobnosti dle matice přechodů (v %)	Pravděpodobnost dle modelu hodnoty aktiv (v %)
AAA	0,0	$1 - \Phi(Z_{AA}/\sigma)$
AA	0,0	$\Phi(Z_{AA}/\sigma) - \Phi(Z_A/\sigma)$
A	0,0	$\Phi(Z_A/\sigma) - \Phi(Z_{BBB+}/\sigma)$
BBB+	0,0	$\Phi(Z_{BBB+}/\sigma) - \Phi(Z_{BBB}/\sigma)$
BBB	0,0	$\Phi(Z_{BBB}/\sigma) - \Phi(Z_{BBB-}/\sigma)$
BBB-	0,3	$\Phi(Z_{BBB-}/\sigma) - \Phi(Z_{BB+}/\sigma)$
BB+	5,5	$\Phi(Z_{BB+}/\sigma) - \Phi(Z_{BB}/\sigma)$
BB	3,0	$\Phi(Z_{BB}/\sigma) - \Phi(Z_{BB-}/\sigma)$
BB-	75,1	$\Phi(Z_{BB-}/\sigma) - \Phi(Z_{B+}/\sigma)$
B+	14,8	$\Phi(Z_{B+}/\sigma) - \Phi(Z_B/\sigma)$
B	0,7	$\Phi(Z_B/\sigma) - \Phi(Z_{B-}/\sigma)$
B-	0,2	$\Phi(Z_{B-}/\sigma) - \Phi(Z_{CCC}/\sigma)$
CCC	0,3	$\Phi(Z_{CCC}/\sigma) - \Phi(Z_{CC/D}/\sigma)$
CC/D	0,1	$\Phi(Z_{Def}/\sigma)$

Hodnoty v levém a pravém sloupci si musí být rovny, což znamená, že v případě úpadku je hodnota  $\Phi(Z_{Def}/\sigma)$  rovna 0%. Lze tedy dopočítat hodnotu  $Z_{Def}$ .

$$Z_{Def} = \Phi^{-1}(0,1\%) \cdot \sigma = -3,090\sigma$$

Kde  $\Phi^{-1}(p)$  vyjadřuje úroveň, pod kterou klesne náhodná proměnná s normálním rozdělením pravděpodobnosti  $p$ .

Stejně můžeme vypočítat i ostatní hraniční hodnoty, které jsou uvedeny v následující tabulce 3.3 Z této tabulky je patrné, že neexistuje žádná hraniční hodnota pro  $Z_{AAA}$ , protože pokud se hodnota aktiv dostane nad hodnotu  $0 \sigma$  emitent či dluhopis získají ratingové ohodnocení AAA, AA, A, BBB+ nebo BBB.



**Tabulka 3.3 Hodnoty hraničních intervalů pro počáteční rating BB-**

<b>Rozhraní (práh)</b>	<b>Hodnota</b>
$Z_{AA}$	-10,000 $\sigma$
$Z_A$	-10,000 $\sigma$
$Z_{BBB+}$	-10,000 $\sigma$
$Z_{BBB}$	-10,000 $\sigma$
$Z_{BBB-}$	-2,748 $\sigma$
$Z_{BB+}$	-1,598 $\sigma$
$Z_{BB}$	-1,881 $\sigma$
$Z_{BB-}$	0,678 $\sigma$
$Z_{B+}$	-1,045 $\sigma$
$Z_B$	-2,457 $\sigma$
$Z_{B-}$	-2,878 $\sigma$
$Z_{CCC}$	-2,748 $\sigma$
$Z_{CC/D}$	-3,090 $\sigma$

V další tabulce 3.4 jsou uvedeny pravděpodobnosti přechodu a hraniční intervaly obratu aktiv dlužníka s ratingem A. Hodnoty jsou propočteny stejným způsobem jako v případě dlužníka s ratingem BB-. Obrat aktiv označíme znaménkem  $R'$ , směrodatná odchylka  $\sigma'$  a jednotlivé hraniční intervaly  $Z'_{Def}$ .

**Tabulka 3.4: Pravděpodobnosti přechodu a hraniční intervaly hodnot aktiv dlužníka s ratingem A**

Rating	Pravděpodobnost (v %)	Rozhraní (práh)	Hodnota
AAA	0,000	-	-
AA	0,030	$Z'_{AA}$	-1,88
A	0,940	$Z'_A$	1,55
BBB+	0,009	$Z'_{BBB+}$	-2,37
BBB	0,009	$Z'_{BBB}$	-2,37
BBB-	0,001	$Z'_{BBB-}$	-3,09
BB+	0,000	$Z'_{BB+}$	-10,00
BB	0,000	$Z'_{BB}$	-10,00
BB-	0,000	$Z'_{BB-}$	-10,00
B+	0,009	$Z'_{B+}$	-2,37
B	0,000	$Z'_B$	-10,00
B-	0,000	$Z'_{B-}$	-10,00
CCC	0,000	$Z'_{CCC}$	-10,00
CC/D	0,000	$Z'_{CC/D}$	-10,00

V předchozí části byly popisovány individuální dlužníci s ratingem BB- a A vzhledem k modelu hodnoty aktiv. Pokud budeme brát v potaz předpoklad, že oba obraty jsou korelovány a podléhají normálnímu rozdělení pravděpodobnosti, lze stanovit korelaci ( $\rho$ ) mezi dvěma obraty aktiv. Nejprve je nutné sestavit kovarianční matici pro normální rozdělení o dvou proměnných a to dle vzorce:

$$COV = \begin{pmatrix} \sigma^2 & \rho\sigma\sigma' \\ \rho\sigma\sigma' & \sigma'^2 \end{pmatrix}, \quad (3.22)$$

kde  $\rho$  je korelace mezi obraty aktiv firem BB- a A,  $\sigma$  je volatilita aktiv firmy ohodnocené ratingem BB- a  $\sigma^i$  je volatilita aktiv firmy ohodnocené ratingem A.

V momentě, kdy již známe pohyb hodnot aktiv dvou dlužníků, lze použít hranice intervalů hodnot aktiv ke zjištění, jak se ratingové ohodnocení společně změní. Pravděpodobnost že oba dlužníci (emitenti) zůstanou ke konci sledovaného časového horizontu ve své původní ratingové kategorii, je pravděpodobnost, že obrat aktiv dlužníka (emitenta) s původním ratingovým ohodnocením BB- se bude pohybovat mezi  $Z_{B+}$  a  $Z_{BB-}$  a zároveň bude platit, že obrat aktiv dlužníka (emitenta) s původním ratingovým ohodnocením A bude mezi  $Z'_{BBB+}$  a  $Z'_A$ . Jestliže jsou obraty aktiv na sobě nezávislé

( $p = 0$ ), tak potom spojená pravděpodobnost je součinem individuálních pravděpodobností. Pokud není korelace rovna nule a tedy  $p \neq 0$ , pak použijeme následující vzorec:

$$\Pr - St(Z_{B+} < RR \leq Z_{BB-}, Z'_{BBB'+} < R' \leq Z'_A) = \int_{Z_{B+}}^{Z_{BB-}} \int_{Z'_{BBB'+}}^{Z'_A} f(r, r'; COV)(dr') dr, \quad (3.23)$$

kde  $f(r, r'; COV)$  je funkcí hustoty dvourozměrného normálního rozdělení pravděpodobností s kovarianční maticí  $COV$  a  $r$  a  $r'$  jsou normované výnosy aktiv, které se stanoví pomocí vzorce:

$$r = \frac{R - \mu}{\sigma}, \quad (3.24)$$

$$r' = \frac{R' - \mu'}{\sigma'}. \quad (3.25)$$

Tento postup pak můžeme dále použít k výpočtu pravděpodobností všech 196 možných společných ratingových pohybů pro dva dlužníky. Hodnota 196 pak odpovídá počtu možných změn v situaci, kdy máme 14 ratingových kategorií a uvažujeme se dvěma dlužníky.

Výpočet korelace dvou dlužníků je stanoven pomocí vzorce:

$$\rho_{AB} = \frac{\rho_{AB} - \rho_A \rho_B}{\sqrt{\rho_A(1 - \rho_A)\rho_B(1 - \rho_B)}}, \quad (3.26)$$

kde  $p_A$  a  $p_B$  představují pravděpodobnosti úpadku jednotlivých dlužníků.

V rovnici č. 3.23 korelace mezi  $r$  a  $r'$  není závislá na směrodatných odchylkách  $\sigma$  a  $\sigma'$ . Volatilita, o kterou se zajímáme, je obsažena v přechodových pravděpodobnostech pro každého jednoho dlužníka a proto lze v rámci tohoto modelu volatilitu aktiv ignorovat. Na závěr můžeme konstatovat, že jedinými parametry, které ovlivňují rizikovost portfolia přímo jsou pravděpodobnost změny ratingové kategorie a korelace mezi změnami hodnoty aktiv, kdy tyto změny hodnoty aktiv můžeme považovat za standardizované.

### 3.3 *Simulace Monte Carlo*

Doted' jsme se zabývali popisem analytického přístupu k řízení kreditního rizika, který má dvě zásadní výhody, jimiž jsou **rychlost** a to zejména pro malá portfolia, jež vyžadují propočty menšího počtu operací, a proto mohou být rychlejší a **přesnost**. V rámci tohoto přístupu ovšem existují také dvě zásadní nevýhody, a to skutečnost, že v případě velkých portfolií nemůžeme provést výpočty rychle, a existence omezení možnosti použití statistických metod. Právě proto je nezbytné použít simulaci.

Aby mohla být použita simulace Monte Carlo je nutné provést tři kroky:

- **Vytvoření náhodných scénářů:** Každý rating zastupuje možný rating na konci časového horizontu, pro který se snažíme riziko charakterizovat.
- **Hodnocení portfolia:** V rámci každého scénáře provedeme propočet hodnoty portfolia, jež odráží nové ratingové ohodnocení.
- **Shrnutí výsledků:** Výsledkem předchozích dvou kroků je odhad distribuce hodnot portfolia. Nyní můžeme aplikovat statistické metody a propočítat jednotlivé charakteristiky portfolia, tedy jeho střední hodnotu, rozptyl, percentily, ekonomický kapitál, marginální veličiny.

Abychom si mohli vytvořit scénáře, je nejdříve nutné stanovit hranice intervalů obratu aktiv pro dlužníky v portfoliu zahrnuté, poté se generují scénáře obratu aktiv pro  $n$  dlužníků. Existuje několik metod pro generování náhodných scénářů. Nakonec jsou ke každému scénáři obratů aktiv přiřazeny odpovídající ratingy, podle toho, do jakého intervalu spadá náhodná proměnná. Hranice intervalů, v rámci kterých se zařazuje do jednotlivých ratingových kategorií, jsou odvozeny z přechodové matice pravděpodobnosti přechodů na bázi modelu aktiv.

### 3.4 *Choleskeho algoritmus*

V rámci určování kreditního rizika portfolia aktiv je nutno při generování náhodných veličin vzít v úvahu korelace mezi jednotlivými dlužníky (státy). Pro tento účel slouží tzv. Choleskeho algoritmus.

Hodnoty  $p_{ij}$  vypočteme dle algoritmu:

$$p_{11} = \sqrt{\sigma_{11}} = \sigma_1,$$

$$p_{12} = \frac{\sigma_{12}}{p_{11}} = \frac{\sigma_{12}}{\sigma_1},$$

$$p_{22} = \sqrt{\sigma_{22} - p_{12}^2},$$

$$p_{13} = \frac{\sigma_{13}}{p_{11}},$$

$$p_{23} = \frac{1}{p_{22}} \cdot (\sigma_{23} - p_{12} \cdot p_{13}),$$

$$p_{33} = \sqrt{\sigma_{33} - p_{13}^2 - p_{23}^2}.$$

Za pomoci použití následujících vzorců je vytvořena trojúhelníková matice.

$$p_{ii} = \sqrt{\left( \sigma_{ii} - \sum_{k=1}^{i-1} p_{ki}^2 \right)}, \quad (3.27)$$

Pro  $i = 1, 2, \dots, N$ .

$$p_{ij} = \frac{1}{p_{ii}} \cdot \left( \sigma_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} p_{ki} \cdot p_{kj} \right), \quad (3.28)$$

pro  $1 \leq i < j \leq N$ .

$$p_{ij} = 0, \quad (3.29)$$

pro  $i > j$ ;  $i, j = 1, 2, \dots, N$ .

Výsledná matice  $A'$  pak bude mít podobu obdobnou, jako matice vzorová, jež obsahuje 3 x 3 prvky:

$$A' = \begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ 0 & p_{22} & p_{23} \\ 0 & 0 & p_{33} \end{vmatrix}.$$

K výpočtu choleskeho matice se obvykle používá kovarianční matice. V rámci naší diplomové práce ovšem použijeme matici korelační a to z toho důvodu, že se jedná o normované normální rozdělení pravděpodobnosti a tak je zapotřebí použít k jejímu výpočtu také normovaná data.

## **4 Stanovení kreditního rizika portfolia státních dluhopisů za pomoci metodologie CreditMetrics**

Ve dvou předchozích kapitolách byly charakterizovány jak státní dluhopisy, tak kreditní riziko, které se jich týká jako všech ostatních dluhových instrumentů a zároveň také samotná metodologie CreditMetrics. Nyní bude pozornost zaměřena na ověření této metodologie na portfoliu státních dluhopisů.

Portfolio státních dluhopisů bylo sestaveno z dluhopisů 10 států. Každý stát byl zastoupen jedním druhem státního dluhopisu v různém počtu kusů. Suma investovaná do jednoho státu byla stanovena ve výši 10 000 euro. Jedná se konkrétně o státní dluhopisy Norska, Slovenska, České republiky, Rakouska, Maďarska, Švýcarska, Dánska, Švédska, Islandu a Irska. Data byla vybrána vždy na burze daného státu. Norské dluhopisy byly vybrány z burzy Oslo Bors, Slovenské dluhopisy z Burzy cenných papírů Bratislava, České dluhopisy z Burzy cenných papírů Praha, Rakouské dluhopisy z Vídeňské burzy, Maďarské dluhopisy z Budapešťské burzy, Švýcarské dluhopisy z SIX Švýcarské burzy, Dánské, Švédské a Islandské dluhopisy z burzy NASDAQ OMX a Irské dluhopisy z Irské burzy. Výběr byl proveden zcela náhodně.

Cílem následující praktické části diplomové práce je stanovení kreditního rizika portfolia státních dluhopisů v rámci zvoleného časového horizontu jednoho roku.

Nejdříve je třeba uvést tržní data, která byla nalezena na jednotlivých burzách, ta jsou uvedena v kapitole 4.1. V dalších kapitolách bude postupně zaměřena pozornost na odhad korelací mezi jednotlivými státy a odhad možných výsledných ratingů jednotlivých států na základě simulace. Následně dojde ke stanovení hodnoty dluhopisů pro každý možný rating. V závěru praktické části bude celé portfolio včetně jednotlivých obsažených dluhopisů ohodnoceno.

### **4.1 Vstupní data**

Portfolio, na kterém bude měření kreditního rizika prováděno a to pomocí metodologie CreditMetrics je tvořeno 10 státními dluhopisy. Každý stát je v portfoliu zastoupen jedním státním papírem jedná se tedy o portfolio složené z deseti států. Časovým horizontem

bude, jak již bylo uvedeno výše jeden rok, konkrétně se bude jednat o období od 1. 10. 2010 do 1. 10. 2011. Do každého státu bude investováno 10 000 EUR, což v konečném součtu znamená celkovou investovanou částku 100 000 EUR.

Jednotlivým státům je přiřazen ratingový stupeň společnosti Standard&Poor's. Matice pravděpodobnosti přechodu států mezi jednotlivými ratingovými kategoriemi byla převzata z materiálů společnosti Standard&Poor's a je uvedena v kapitole č. 3.2.1, tabulka 4.1.

**Tabulka 4.1: Vstupní údaje**

Č.	Název CP	Kupón	Měna	NH (1 Ks)	Kupón	Kurz	Rati- ng	Vo (EUR)	Ks
1.	Státní dluhopis NORWAY	4,00%	NOK	500	1 x za rok	92,22 %	AAA	63,01	159
2.	Státní dluhopis SLOVAKIA	3,50%	EUR	1	1 x za rok	103,01 %	AA	1,00	1000 0
3.	Státní dluhopis CZECH.REP.	3,40%	CZK	10 000	1 x za rok	100,44 %	A	412,90	24
4.	Státní dluhopis AUSTRIA	4,13%	EUR	1000	1 x za rok	107,60 %	AAA	1000,00	10
5.	Státní dluhopis HUNGARY	8,00%	HUF	10000	1 x za rok	102,42 %	BBB-	36,90	271
6.	Státní dluhopis SWITZERLAND	1,38%	CHF	5000	1 x za rok	101,30 %	AAA	3794,08	3
7.	Státní dluhopis DENMARK	5,00%	DKK	1000	1 x za rok	108,63 %	AAA	133,89	75
8.	Státní dluhopis SWEEDEN	6,75%	SEK	5000	1 x za rok	116,74 %	AAA	568,78	18
9.	Státní dluhopis ICELAND	7,25%	ISK	1000	1 x za rok	107,25 %	BBB-	6,28	1592
10 .	Státní dluhopis IRELAND	4,00%	EUR	100	1 x za rok	100,00 %	AA	126,97	79

V tabulce 4.1 jsou uvedeny vstupní parametry jednotlivých dluhopisů. V prvním sloupci je uvedeno pořadové číslo cenného papíru v rámci sestaveného portfolia. Ve druhém odstavci je uveden název CP, ve třetím kupónová sazba, ve čtvrté měna, v jakém je původně dluhopis denominován, následuje sloupec s nominální hodnotou uvedenou na jeden kus cenného papíru, frekvence výplaty kupónu, aktuální kurz na trhu, ratingový stupeň daného státu, dále je uvedena hodnota dluhopisu v době nákupu tedy v čase  $V_0$  přepočtená na eura a v posledním sloupci je uveden počet kusů cenných papírů nakoupených vždy v rámci určitého státu.



Jak je již uvedeno výše, do každého státu bude investováno 10 000 EUR. Vzhledem k tomu, že každý dluhopis má jinou nominální hodnotu, bude v rámci každého státu zakoupen jiný počet dluhopisů. Tento přepočít provedeme z toho důvodu, aby měl každý stát na portfolio stejný vliv. Kdyby tento přepočít nebyl proveden, měl by dluhopis s nižší nominální hodnotou podstatně menší vliv na portfolio oproti dluhopisu s vyšší nominální hodnotou a jednotlivé státy mezi sebou by pak nebylo možné porovnávat.

## **4.2 Odhad korelací mezi jednotlivými státy**

Prvotně je ze všeho nejdůležitější určit korelace mezi jednotlivými státy, které jsou v portfoliu zastoupeny a to pomocí korelační matice  $C$ , která je uvedena v příloze č. 1. Pro potřeby metodologie CreditMetrics je nutné stanovit korelace mezi jednotlivými dluhopisy, které se určí na základě vzorce (3.21) a to  $A = W^T \cdot C \cdot W$ . Z tohoto vzorce známe matici  $C$  a je zapotřebí stanovit pomocnou matici  $W$  a její transponovanou verzi. Výsledkem násobení těchto tří matic je matice  $A$ , tedy korelace mezi jednotlivými aktivy. V našem případě, neboť máme v portfoliu zastoupen vždy jen jeden dluhopis určitého státu, se bude matice  $A$  rovnat matici  $C$ .

Korelace mezi dluhovými aktivy se obvykle určuje z cen akcií. Vzhledem k tomu, že státy žádné emitované akcie nemají, použijeme k tomuto výpočtu akciové indexy, které jsme vždy našli na burze konkrétního státu. Za Norsko jsme použili index OBX, za Slovensko index SAX, za Českou republiku index PX, za Rakousko index WBI, za Maďarsko index BUX, za Švýcarsko index SSIR, za Dánsko index OMX Copenhagen 20, za Švédsko Index OMX Stockholm 30, za Island index OMX Iceland 6 cap EUR a za Irsko index ISEQ. Na bázi měsíčních dat jsme si dále určili jejich výnosy a směrodatné odchylky. Hodnoty akciových indexů byly sledovány v měsíčních intervalech v období od 1. 10. 2009 do 1. 10. 2010.

Výslednou korelační matici vidíme v tabulce 4.2.

**Tabulka 4.2: Korelační matice států**

	NOR	SLOV	ČR	RAK	MAŘ	SWI	DEN	SWE	ICE	IRE
NOR	1,00	0,49	0,62	-0,05	0,82	0,80	0,71	0,84	0,26	0,19
SLOV	0,49	1,00	0,24	0,55	0,46	0,26	0,34	0,37	0,12	-0,44
ČR	0,62	0,24	1,00	-0,27	0,83	0,52	0,94	0,76	0,48	0,12
RAK	-0,05	0,55	-0,27	1,00	0,06	0,16	-0,13	-0,09	0,15	-0,16
MAŘ	0,82	0,46	0,83	0,06	1,00	0,75	0,86	0,83	0,50	0,25
SWI	0,80	0,26	0,52	0,16	0,75	1,00	0,63	0,61	0,61	0,51
DEN	0,71	0,34	0,94	-0,13	0,86	0,63	1,00	0,78	0,57	0,18
SWE	0,84	0,37	0,76	-0,09	0,83	0,61	0,78	1,00	0,22	0,14
ICE	0,26	0,12	0,48	0,15	0,50	0,61	0,57	0,22	1,00	0,39
IRE	0,19	-0,44	0,12	-0,16	0,25	0,51	0,18	0,14	0,39	1,00

### 4.3 Generování ratingu pro jednotlivé scénáře

Po tom, co jsme si stanovili matici A je zřejmé, že mezi jednotlivými státy (dluhopisy) existuje korelace a tedy výsledné ratingy jednotlivých států se budou vzájemně ovlivňovat. Následně je potřeba tyto výsledné ratingy států odhadnout a k tomu nám poslouží simulace Monte Carlo, která ve své podstatě využívá posloupnost náhodných čísel. Poté pomocí simulace Monte Carlo a matice A, která se stanoví na základě Choleskeho algoritmu určíme vektor závisle proměnných. Nekorelované scénáře obrátů aktiv jsou uvedeny v příloze č. 1.

Nejdříve ze všeho si stanovíme meze pravděpodobností intervalů rozdělení pravděpodobnosti na základě matice přechodů států mezi ratingovými kategoriemi společnosti Standar&Poor's s ohledem na ratingové ohodnocení jednotlivých států. Tato hranice intervalů se používá ke stanovení ratingového ohodnocení na konci období, tedy pokud hodnota dluhopisu překročí stanovenou mez intervalu, dojde ke změně kreditního ohodnocení státu. Pro odhad vývoje ratingu je dostačující modelovat hodnotu aktiv v rámci jednoho roku, kterou vyjadřuje obrát hodnoty aktiv.

**Tabulka 4.3: Meze pravděpodobností**

<b>NOR</b>	-10,0	1,9	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
<b>SLOV</b>	-10,0	2,1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
<b>ČR</b>	-10,0	-10,0	1,9	2,0	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
<b>RAK</b>	-10,0	-2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
<b>MAĎ</b>	-10,0	-10,0	-3,1	-2,5	-1,3	1,5	1,9	1,9	1,9	2,2	3,1	3,1	3,1	3,1
<b>SWI</b>	-10,0	1,9	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
<b>DEN</b>	-10,0	1,9	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
<b>SWE</b>	-10,0	1,9	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
<b>ICE</b>	-10,0	-10,0	-3,1	-2,5	-1,3	1,5	1,9	1,9	1,9	2,2	3,1	3,1	3,1	3,1
<b>IRE</b>	-10,0	-2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
<b>rating</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
	<b>AAA</b>	<b>AA</b>	<b>A</b>	<b>BBB+</b>	<b>BBB</b>	<b>BBB-</b>	<b>BB+</b>	<b>BB</b>	<b>BB-</b>	<b>B+</b>	<b>B</b>	<b>B-</b>	<b>CCC</b>	<b>CC/D</b>

Obrat hodnoty aktiv z normovaného normálního rozdělení odhadneme pomocí simulace Monte Carlo. Nejdříve si vytvoříme jednotlivé náhodné scénáře, které představují možný výsledný rating na konci období. Jednotlivé náhodné scénáře vytvoříme jako vektor náhodných proměnných pomocí funkce MS Excel *Generátor pseudonáhodných čísel*. V rámci této diplomové práce bylo vytvořeno 1 000 scénářů pro jednotlivé dluhopisy (státy), výsledná matice tedy bude mít rozměry 1 000 x 10. Výsledná matice je uvedena v Příloze č. 1 pod názvem Nekorelované scénáře obrátů aktiv. Čím větší počet scénářů je generován, tím větší přesnosti je dosahováno. Do výpočtu je třeba zahrnout i korelace mezi jednotlivými dluhopisy (státy). Závislosti náhodných proměnných dosáhneme pomocí Choleskeho algoritmu a to vytvořením matice korelovaných scénářů.

#### 4.4 Vytvoření korelací mezi státy

Choleskeho algoritmem se rozumí rozdělení matice  $A$  na nižší trojúhelníkovou matici  $A'$ . Korelaci náhodných scénářů, kterou k výpočtu potřebujeme, získáme po provedení tří kroků. Jako první vytvoříme nižší trojúhelníkovou matici  $A'$  pomocí Choleskeho algoritmu z matice korelací  $A$ , jako druhý krok musíme vytvořit vektor nezávislých náhodných proměnných z normovaného normálního rozdělení a jako třetí krok vytvoříme vektor závislých proměnných vynásobením dvou předchozích matic.

**Tab. 4.4: Choleskeho matice**

	NOR	SLOV	ČR	RAK	MAĎ	SWI	DEN	SWE	ICE	IRE
NOR	1,000	0,490	0,619	-0,046	0,815	0,803	0,711	0,836	0,256	0,187
SLOV	0,000	0,872	-0,068	0,654	0,071	-0,152	-0,013	-0,051	-0,003	-0,614
ČR	0,000	0,000	0,782	-0,253	0,428	0,011	0,633	0,303	0,407	-0,047
RAK	0,000	0,000	0,000	0,712	0,229	0,422	0,094	0,078	0,371	0,332
MAĎ	0,000	0,000	0,000	0,000	0,307	0,024	-0,052	0,026	0,101	0,286
SWI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,391	0,030	-0,284	0,619	0,311
DEN	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,285	-0,005	0,295	0,155
SWE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,346	0,071	0,061
ICE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,381	-0,099
IRE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,510

S pomocí matice sestavené z náhodných čísel a choleskeho matice lze sestavit korelované scénáře obrátů aktiv, které jsou uvedeny v příloze č. 2. Dále můžeme s pomocí matice mezi pravděpodobnostmi určit ratingové ohodnocení náhodných scénářů, které je uvedeno v příloze č. 3.

#### 4.5 Ohodnocení státních dluhopisů a portfolia

V této části diplomové práce bude určena hodnota dluhové povinnosti k jednotlivým příslušným ratingovým stupňům. Hodnotu dluhopisů určíme jako současnou hodnotu budoucích peněžních toků, jež z tohoto dluhopisu plynou. Pro výpočet hodnoty dluhopisů si musíme stanovit spotové výnosové křivky pro jednotlivé ratingové kategorie. Tento postup byl již popsán výše a to v kapitole 3.2.2. Výchozím datem pro výpočty bude 1. 10. 2010.

Abychom mohli dojít k potřebným výsledkům, budeme potřebovat znát míru návratnosti v případě defaultu dlužníka, a ta byla stanovena empiricky na hodnotě 55% z nominální hodnoty a je blíže popsána výše v kapitole 2.2.1.

Dále jsme si museli určit bezrizikovou sazbu. Ta byla stanovena pro všechny obligace na stejné úrovni, a to 1% p.a. Bezrizikovou sazbu použijeme pro všechny dluhopisy stejnou.

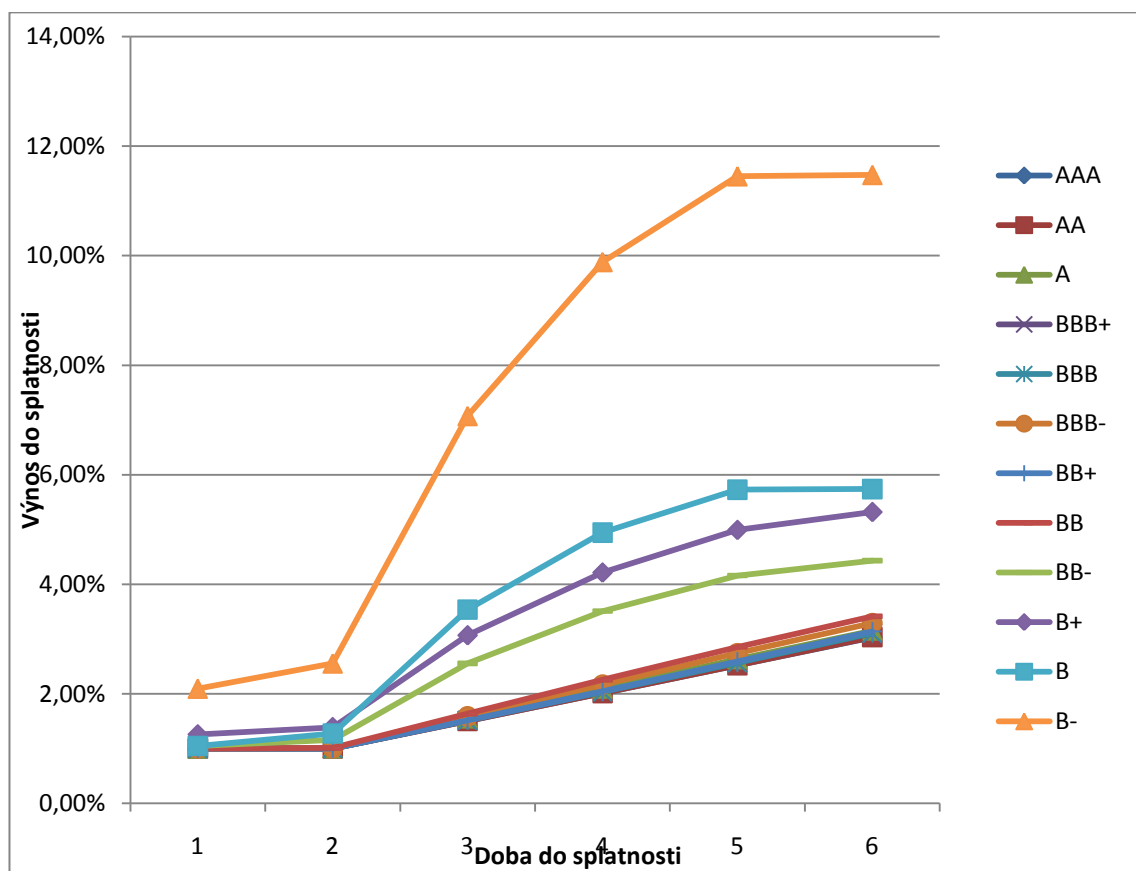
Diskontní sazby jsou stanoveny v rámci výpočtu pravděpodobnosti defaultu pro jednotlivé ratingové kategorie postupně v letech. Vývoj výnosových křivek v letech pro jednotlivé ratingové kategorie můžeme pozorovat v grafu 4.1 a data, z nichž je tento graf sestaven nalezneme v tabulce 4.5.

**Tabulka 4.5: Výnosové křivky dle ratingových kategorií**

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	1	2	3	4	5	6
<b>AAA</b>	1,00%	1,00%	1,50%	2,01%	2,52%	3,03%
<b>AA</b>	1,00%	1,00%	1,50%	2,01%	2,52%	3,04%
<b>A</b>	1,00%	1,00%	1,55%	2,09%	2,63%	3,15%
<b>BBB+</b>	1,00%	1,00%	1,51%	2,03%	2,57%	3,10%
<b>BBB</b>	1,00%	1,00%	1,51%	2,04%	2,57%	3,11%
<b>BBB-</b>	1,00%	1,01%	1,59%	2,17%	2,74%	3,29%
<b>BB+</b>	1,00%	1,00%	1,52%	2,04%	2,59%	3,14%
<b>BB</b>	1,00%	1,01%	1,64%	2,25%	2,86%	3,41%
<b>BB-</b>	1,05%	1,16%	2,56%	3,51%	4,16%	4,43%
<b>B+</b>	1,26%	1,39%	3,07%	4,21%	4,99%	5,32%
<b>B</b>	1,05%	1,28%	3,54%	4,94%	5,73%	5,74%
<b>B-</b>	2,09%	2,55%	7,07%	9,89%	11,45%	11,48%
<b>CCC</b>	4,18%	5,10%	14,15%	19,77%	22,91%	22,96%
<b>CC/D</b>	8,37%	10,21%	28,29%	39,54%	45,81%	45,91%

Z tabulky 4.5 a následujícího grafu 4.1 lze pozorovat, že výnosy rostou nejen v čase, ale také s klesajícím ratingovým stupněm. Platí tedy pravidlo, že čím je nižší a tedy více rizikový ratingový stupeň, tím je výnos vyšší. Za vyšší riziko musí být nabízen vyšší výnos, jinak by investice nenašla svého investora.

**Graf 4.1: Výnosové křivky dle ratingových kategorií**



Výsledná současná hodnota obligací se liší v závislosti na ratingovém stupni dlužníka (v našem případě státu), neboť se liší diskontní sazby pro jednotlivé ratingové kategorie. Čím nižší je rating a čím delší doba splatnosti, tím jsou diskontní sazby vyšší a naopak. Je potřeba vytvořit tabulku, kdy bude každé ratingové kategorii pro daný počet let určena úroková míra. Čím vyšší ratingové ohodnocení dlužník má, tím je hodnota jím emitovaných dluhopisů vyšší a naopak.

V rámci výpočtu výnosových křivek bylo potřeba stanovit si matici přechodů pro více období. Tyto matice jsou uvedeny v příloze č. 5.

**Tabulka 4.6: Hodnoty jednotlivých státních dluhopisů**

		NOR	SLOV	ČR	RAK	MAĎ	SWI	DEN	SWE	ICE	IRE
	<b>V<sub>0</sub></b>	63,01	1,00	412,90	1000,00	36,90	3794,08	133,89	568,78	6,28	126,97
<b>V<sub>1</sub></b>	<b>AAA</b>	64,61	1,03	418,66	1044,35	43,95	3551,19	141,22	637,61	6,90	129,50
	<b>AA</b>	64,59	1,03	418,59	1044,30	43,94	3550,60	141,22	637,58	6,91	129,50
	<b>A</b>	64,21	1,02	416,61	1041,25	43,76	3532,67	141,04	635,83	6,90	129,49
	<b>BBB+</b>	64,38	1,02	417,81	1043,45	43,87	3543,44	141,19	637,10	6,91	129,50
	<b>BBB</b>	64,36	1,02	417,76	1043,41	43,87	3542,98	141,18	637,07	6,91	129,50
	<b>BBB-</b>	63,77	1,02	414,59	1038,52	43,57	3514,46	140,90	634,26	6,89	129,48
	<b>BB+</b>	64,26	1,02	417,41	1043,09	43,84	3539,81	141,18	636,89	6,91	129,50
	<b>BB</b>	63,38	1,02	412,55	1035,40	43,38	3496,04	140,72	632,46	6,89	129,47
	<b>BB-</b>	60,12	1,00	389,64	990,61	41,21	3291,12	137,30	606,56	6,72	129,11
	<b>B+</b>	57,53	0,98	375,90	966,54	39,91	3168,18	135,42	592,57	6,64	128,54
	<b>B</b>	56,29	0,97	364,36	942,84	38,83	3064,53	133,79	578,97	6,56	128,82
	<b>B-</b>	42,94	0,88	288,26	799,22	31,58	2385,20	122,00	495,48	6,01	125,71
	<b>CCC</b>	26,75	0,74	189,67	590,73	22,08	1510,56	102,51	373,81	5,09	119,82
	<b>CC/D</b>	13,17	0,53	97,51	355,40	12,93	705,19	75,10	235,22	3,80	109,23

V tabulce 4.6 vidíme hodnoty jednotlivých státních dluhopisů uvedených v Eurech, kdy v prvním řádku  $V_0$  je uvedena hodnota dluhopisu v době pořízení a pod názvem státu jsou uvedeny hodnoty dluhopisu na konci jednoho období pro různé ratingové kategorie. Problém nám vzniká u státního dluhopisu Švýcarska, kde můžeme pozorovat, že ani pro rating AAA hodnota dluhopisu nedosahuje své nominální hodnoty. Je to způsobeno tím, že námi zvolená bezriziková úroková míra je 1%, která navíc v čase roste a výnosnost tohoto dluhopisu je 1,38% se splatností až za 5 let. Tento dluhopis je tedy pro investora za daných podmínek na trhu spíše nevýhodný.

Hodnoty jednotlivých státních dluhopisů na konci období pro každou ratingovou kategorii zvlášť byly vypočteny na základě vzorce 3.2.1 a jsou uvedeny v tabulce 4.5. Následně jsou propočteny scénáře, které vychází ze simulace Monte Carlo a Choleskeho matice, které jsou uvedeny v příloze č. 4. Dále je určena hodnota celkového portfolia jako takového, kdy je portfolio stanoveno jako součet hodnot jednotlivých obligací pro různé scénáře.

Porovnáním součtu hodnot dluhopisů na začátku období a na konci období můžeme určit očekávaný výnos portfolia na konci období, tedy k 1. 10. 2011.

## 4.6 Stanovení hodnoty portfolia a jeho charakteristik

V rámci této kapitoly bude provedeno posouzení rizikovosti a výnosnosti portfolia jako celku, a také jednotlivých státních dluhopisů, které byly do portfolia zahrnuty. Odhady všech jednotlivých charakteristik portfolia budou vycházet z výsledků metodologie CreditMetrics. Jako výsledné parametry měření kreditního rizika portfolia jako celku budeme mít:

- střední hodnotu výnosu portfolia,
- směrodatnou odchylku výnosu portfolia,
- Value at Risk,
- ekonomický kapitál.

Výsledné hodnoty za portfolio jako celek nalezneme v tabulce 4.5.

**Tabulka 4.7: Výsledky výpočtu kreditního rizika**

<b>Střední hodnota výnosu portfolia</b>	<b>5,21%</b>
<b>Směrodatná odchylka výnosu portfolia</b>	<b>0,49%</b>
<b>Střední hodnota ztráty (EUR)</b>	<b>-5 208,04</b>
<b>Směrodatná odchylka (EUR)</b>	<b>494,50</b>
<b>VaR (10%)</b>	<b>-5 205,76</b>
<b>VaR (5%)</b>	<b>-4 914,76</b>
<b>VaR (3%)</b>	<b>-4 560,34</b>
<b>VaR (1%)</b>	<b>-3 865,11</b>
<b>Ekonomický kapitál (10%)</b>	<b>2,28</b>
<b>Ekonomický kapitál (5%)</b>	<b>293,28</b>
<b>Ekonomický kapitál (3%)</b>	<b>647,70</b>
<b>Ekonomický kapitál (1%)</b>	<b>1 342,93</b>

Z tabulky 4.7 lze pozorovat, že námi stanovené portfolio státních dluhopisů bude mít na konci časového horizontu, tedy za jeden rok střední hodnotu ztráty - 5 208,04 EUR se směrodatnou odchylkou 494,50 EUR. Pokud výpočet převedeme na procenta, znamená to, že z 100 000 investovaných EUR bude výnos činit 5,21% se směrodatnou odchylkou 0,495%. Value at Risk na 10%, 5%, 3% a 1% hladině pravděpodobnosti činí -5 205,8 EUR, - 4 914,8 EUR, -4 560,3 EUR a -3 865,1 EUR. Ekonomický kapitál pro 10%, 5%, 3% a 1% činí 2,23 EUR, 293,3 EUR, 647,7 EUR a 1342,9 EUR. Tyto hodnoty získáme na základě porovnání hodnoty portfolia na začátku sledovaného období, tedy k 1. 10. 2010 a hodnoty portfolia na konci sledovaného období, tedy k 1. 10. 2011.



Výsledkem jsou také parametry, jako je střední hodnota a směrodatná odchylka pro jednotlivá aktiva v portfoliu zahrnutá.

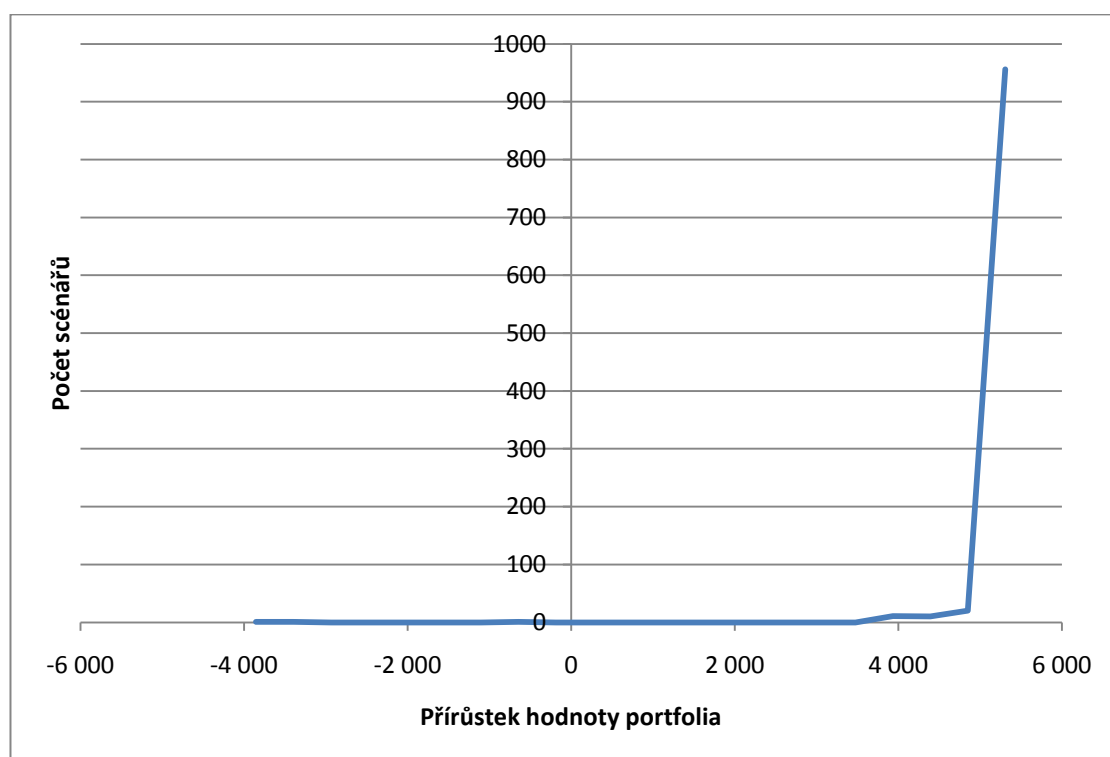
**Tabulka 4.8: Střední hodnoty a směrodatné odchylky přírůstků státních dluhopisů**

	Stř.hodn. Eur	Výnos dl.	sigma abs. Eur	sigma (%)	VaR (5%) Eur
<b>NOR</b>	10253,24	2,532%	0,573212	0,0056%	-250,18
<b>SLOV</b>	10251,74	2,517%	0,144977	0,0014%	-251,75
<b>ČR</b>	10121,4	1,214%	256,2191	2,5315%	-137,89
<b>RAK</b>	10442,28	4,423%	6,822827	0,0653%	-442,97
<b>MAĎ</b>	11844,85	18,449%	312,154	2,6354%	-1808,26
<b>SWI</b>	9359,76	-6,402%	0,29261	0,0031%	640,19
<b>DEN</b>	10547,31	5,473%	0,019194	0,0002%	-547,31
<b>SWE</b>	11210,26	12,103%	0,112048	0,0010%	-1210,29
<b>ICE</b>	10978,20	9,782%	167,4409	1,5252%	-974,05
<b>IRE</b>	10199,00	1,990%	0,006273	0,0001%	-199,00

V tabulce 4.8 jsou v prvním sloupci uvedeny střední hodnoty částky investované do jednotlivých dluhopisů v Eurech ke konci časového horizontu. Ve druhém sloupci jsou uvedeny výnosy z držby dluhopisů. Ve třetím sloupci jsou uvedeny směrodatné odchylky absolutně na celou investici do daného státu, ve čtvrtém sloupci jsou uvedeny směrodatné odchylky v procentuálním vyjádření, což znamená odchylku hodnoty od střední hodnoty. V posledním sloupci je uvedena hodnota VaR na hladině 5% pro každý jednotlivý státní cenný papír. Je potřeba si uvědomit, že tyto údaje jsou uvedeny vždy v rámci celé investice do jednotlivého státu a ne na kus jednoho dluhopisu. Každý stát je tak zde zastoupen stejnou váhou. Z těchto údajů můžeme odhadnout rizikovost jednotlivých dluhopisů. Vidíme, že nejvíce volatelní a tak tedy i rizikové jsou dluhopisy s nejvyšší směrodatnou odchylkou, konkrétně se jedná o dluhopis České republiky, následně dluhopis Maďarska a jako třetí nejrizikovější je zde dluhopis Islandu. Je třeba také ale sledovat jejich výnos a právě dluhopis Maďarska je nejvýnosnějším dluhopisem v portfoliu. Jeho vyřazením z portfolia bychom mohli kreditní riziko snížit, ale je důležité si uvědomit, že výnos portfolia jako takového by výrazně klesl.

Dalším výstupem našeho výpočtu je vývoj rozdělení pravděpodobnosti kreditního rizika portfolia, které je uvedeno v grafu 4.2.

**Graf 4.2: Vývoj rozdělení pravděpodobnosti rizika portfolia**



V grafu 4.2 je uvedeno rozložení pravděpodobnosti rizika portfolia pro vypočtených 1 000 scénářů. Z grafu je patrné, že rozdělení rizika portfolia je specifické pro kreditní riziko. Portfolio bude s velkou pravděpodobností ziskové, avšak s velmi malou pravděpodobností mohou nastat vysoké ztráty, lze zde pozorovat tzv. „těžké konce“.

Takovýto vývoj portfolia je zapříčiněn také tím, že do portfolia byly zahrnuty převážně státy s velmi vysokým ratingovým hodnocením, zatímco států s nižším ratingem bylo zahrnuto podstatně méně. Kdybychom do portfolia přidali další stát s nízkým ratingem, rozdělení pravděpodobnosti by se změnilo a „špička“ by nebyla tak „úzká“ a „konce“ by se „rozšířily“.

Do portfolia bylo zahrnuto z 10 států 5 s ratingem AAA, konkrétně se jedná o dluhopisy Norska, Rakouska, Švýcarska, Dánska a Švédska. Dále byly zahrnuty 2 dluhopisy s ratingem AA, a to dluhopisy Slovenska a Irska, 1 dluhopis s ratingem A, a to dluhopis České republiky, 2 dluhopisy s ratingem BBB- a to dluhopisy Maďarska a Islandu. Je patrné, že podíl dluhopisů s vysokým ratingovým ohodnocením je vyšší než ten s menším. Vyplývá z toho tedy, že je toto námi sestavené portfolio poměrně málo rizikové. Kdybychom připustili vyšší míru rizika, mohli bychom dosáhnout vyššího zhodnocení, ale

také by mohlo dojít k vyšším ztrátám. Sestavené portfolio je tedy spíše typické pro rizikově averzního investora, který investuje do stabilních a bezpečných států, které v současné době nemají potíže. Států v nižším ratingovém stupněm je zahrnuto pouze pár.

V souvislosti se současnou situací ve světě a narůstající zadluženost států jako takových, je logické, že lidé stále méně a méně věří cenným papírům států, které mají problémy s narůstající zadlužeností a tak volí raději cenné papíry států, jejichž zadluženost se nenachází na hranici únosnosti.

#### **4.7 Shrnutí**

V této části se spojí všechny předchozí kapitoly a výsledky, kterých se v rámci výpočtů dosáhlo. Závěr, ke kterému práce směřuje je, že investice do cenných papírů je jedna z nejbezpečnějších možných investic vůbec. Toto pravidlo platí ne jen proto, že jsou státy obecně považovány za jedny z nejbezpečnějších institucí, ale také proto, že v rámci ratingu nedochází, co se států týče k tak velkým výkyvům jako u ostatních institucí.

Samozřejmě existují i státy, jejichž riziko je podstatně vyšší než riziko jiných států. V současné době se čím dál tím více řeší neustále narůstající zadlužování vlád států, které má vliv na vnímání států investory. Pokud je stát vysoce zadlužen a hrozí mu situace, že nebude schopen dostát svým závazkům bez pomoci jiné finanční instituce, stává se pro investory rizikovým a bude pro něj těžší najít potenciální investory.

V rámci příkladu dojdeme k závěru, že s velmi vysokou pravděpodobností, bude dosahováno poměrně vysokého výnosu, zatímco pouze s malou pravděpodobností bude dosahováno relativně vysoké ztráty. Střední hodnota portfolia za rok jeho držení bude 5208,04 EUR se směrodatnou odchylkou 494,50 EUR. Value at Risk na 5% hladině pravděpodobnosti činí - 4 914,76 EUR, což znamená, že s 5% pravděpodobností bude ztráta z portfolia vyšší než - 4 914,76 EUR. Ekonomický kapitál na 5% hladině pravděpodobnosti činí 293,28 EUR. To znamená, že jsme si s 95% pravděpodobností jisti, že tato ztráta nenastane.

Nejvíce rizikovým dluhopisem je zároveň i ten nejvíce výnosný, konkrétně se jedná o dluhopis Maďarska. Pokud bychom chtěli kreditní riziko portfolia snížit, mohli bychom

tento dluhopis z portfolia vyřadit, ovšem musíme vzít v potaz i to, že se jedná o nejvíce výnosný dluhopis a tak by se výnosnost portfolia výrazně snížila.

V této situaci má investor možnost se rozhodnout, jestli se mu riziko v kombinaci s výnosem portfolia zdá být přípustné a rozhodne se do dluhopisů investovat, nebo se rozhodne provést nějaké změny ve skladbě portfolia, které pak budou mít vliv na jeho výnos i rizikovost.

## 5 Závěr

Kreditní riziko má v současné době ve světě neustále rostoucí význam. Ve světě roste počet rizikových faktorů, které by mohly ovlivnit budoucí vývoj států. Tento jev je způsoben mimo jiné tím, že v rámci globalizace dochází k propojování ekonomik mezi sebou. Neustále rostoucí zadlužení jednoho státu tak může nepříznivě ovlivňovat i státy, které jsou s tímto státem v nějakém užším vztahu. Státní cenné papíry jsou obecně považovány za ty nejbezpečnější cenné papíry na trhu vůbec, ovšem je třeba brát v potaz, v jaké konkrétní situaci se stát nachází. Státy jsou stabilní instituce, jejichž bankrot nenastává až tak často a tak jsou pro investory velmi málo rizikovou investicí. Přesto zde nějaké kreditní riziko existuje a je třeba jej zohlednit případně jej měřit nebo řídit.

Cílem diplomové práce bylo stanovení kreditního rizika portfolia státních dluhopisů pomocí metodologie CreditMetrics. Portfolio bylo sestaveno z 10 státních dluhopisů evropských států: Norska, Slovenska, České republiky, Rakouska, Maďarska, Švýcarska, Německa, Švédska, Islandu a Irska, jejichž nominální hodnoty byly přepočteny na eura.

V první kapitole byl charakterizován trh se státními cennými papíry a bylo charakterizováno kreditní riziko. Ve druhé kapitole byla podrobně popsána metodologie CreditMetrics pomocí níž bylo kreditní riziko portfolia stanoveno. Ve třetí kapitole byl řešen příklad stanovení kreditního rizika portfolia státních dluhopisů pomocí metodologie CreditMetrics.

V rámci stanovení kreditního rizika bylo vytvořeno portfolio skládající se z 10 státních dluhopisů. Zastoupen byl vždy jeden státní dluhopis z burzy cenných papírů jednoho státu a to Norska, Slovenska, České republiky, Rakouska, Maďarska, Švýcarska, Dánska, Švédska, Islandu a Irska. Na portfolio bylo vyčleněno 100 000 EUR a státní dluhopisy byly rovnoměrně nakoupeny v objemu 10 000 EUR na každý stát. Časový horizont, za který bylo kreditní riziko kvantifikováno, byl stanoven na období jednoho roku od 1. 10. 2010 do 1. 10. 2011. Za tento časový horizont byla vyčíslena rizikovost jednotlivých státních dluhopisů v portfoliu obsažených a tak riziko portfolia jako takového.

V praktické části byla na konkrétním příkladu portfolia státních dluhopisů vypočtena, střední hodnota státních dluhopisů na konci sledovaného časového horizontu, tedy k 1. 10. 2011, která činí 5 208,04 EUR se směrodatnou odchylkou 494,50 EUR. Tento výnos a

směrodatná odchylka vychází ze 100 000 EUR, které byly na začátku časového horizontu do portfolia investovány. Dále byla dopočtena střední hodnota výnosu portfolia, která činí 5,21% se směrodatnou odchylkou 0,495%. Tyto hodnoty získáme na základě porovnání hodnoty portfolia na začátku sledovaného období a hodnoty portfolia na konci sledovaného období, tedy k 1. 10. 2011.

Pomocí metodologie CreditMetrics se podařilo identifikovat a kvantifikovat velikost kreditního rizika portfolia státních dluhopisů. Bylo zjištěno, jak se bude s danou pravděpodobností portfolio státních dluhopisů vyvíjet. Výsledky umožňují zaujmout k existujícímu riziku kvalifikovaný postoj. Je už na každém individuálním investorovi, jak se po stanovení kreditního rizika zachová, zda bude nějaký rizikový dluhopis eliminovat nebo podstoupí riziko s vidinou vyššího výnosu. Metodologie CreditMetrics napomáhá tedy efektivně řídit kreditní riziko portfolia. Z tohoto důvodu je v současné době používána předními světovými finančními institucemi.

## Informační zdroje

### Tištěné publikace

1. DUFFIE, D; SINGLETON, K. J. *Credit Risk: Pricing, Measurement and Management*. 2nd ad. Princeton: Princeton University Press, 2003. 396 s. ISBN 0-691-09046-7.
2. FABOZZI, F. J. et al. *Foundations of Financial Markets and Insitutions*. 3rd ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2002. 663 s. ISBN 0-13-018079-3.
3. FELSENHEIMER, J; GISDAKIS, P.; ZAISER, M. *Active Credit Portfolio Management*. 1st ed. Weinheim: WILEY-VCH Verlag, 2006. 581 s. ISBN 3-527-50198-3.
4. GUPTON, G.; FINGER, C. C; BHATIA, M. *CreditMetrics Technical Document* [online], J. P. Morgan & Co. Incorporated, New York 1997, 199p. Dostupné na World Wide Web: <http://www.riskmetrics.com/pdf/CMTD1.pdf>
5. JANDORA, T. *Analýza kreditního rizika pomocí CreditMetrcs*. In Modelování a řízení finančních rizik. Diplomová práce, Ostrava, Ekf VŠB-TUO 2002, 59 s.
6. JÍLEK, J. *Finanční trhy a investování*. 1. Vydání. Grada Publishing, Praha, Česká republika, 2009. 648 s. ISBN 978-80-247-1653-4.
7. PACHOTOVÁ, S. *Aplikace metodologie CreditMetrics na portfolio dluhových aktiv*, Diplomová práce, Ostrava, EkF VŠB-TUO 2005, 62 s.
8. RESTI, Andrea. European banks and the creditmetrics model: Can we make its implementation easier?. *Euro working group on financial modelling : 24th meeting*. 8-10 April, 1999, n.24, s. 525-554.
9. SIKOROVÁ, Tereza . *Stanovení kreditního rizika pomocí metodologie CreditMetrics na portfoliu dluhových aktiv*. Ostrava, 2009. 66 s. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
10. VESELÁ, J. *Investování na kapitálových trzích*. 1. Vydání. ASPI, Praha, Česká republika, 2007. 703 s. ISBN 978-80-7357-297-6.
11. ZMEŠKAL, Z. a kol. *Finanční modely*. 2. Vyd. Praha: Ekopress, s. r. o., 2004. 236 s. ISBN 80-86119-87-4.

## Zdroje z internetu

12. BUDAPEST STOCK EXCHANGE [online]. [cit. 2010-10-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.bse.hu/topmenu/marketsandproducts/productbymarkets>>
13. BURZA CENNÝCH PAPIEROV V BRATISLAVE [online]. [cit. 2010-10-01]. Dostupný z WWW: < [http://www.bsse.sk/Obchodovanie/\\_CennePapiere.aspx](http://www.bsse.sk/Obchodovanie/_CennePapiere.aspx)>
14. BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ PRAHA [online]. [cit. 2010-10-01]. Dostupný z WWW: < <http://www.bcphp.cz/Kurzovni-Listek/Oficialni-KL/Default.aspx?date=1.10.2010> >
15. IRISH STOCK EXCHANGE [online]. [cit. 2010-10-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.ise.ie/app/bondList.asp?type=5>>
16. NASDAQ OMX [online]. [cit. 2010-10-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.nasdaqomxnordic.com/nordic/Nordic.aspx>>
17. OSLO BORS [online]. [cit. 2010-10-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.oslobors.no/ob\\_eng/](http://www.oslobors.no/ob_eng/)>
18. RISKMETRICS GROUP [online]. [cit. 2010-10-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.riskmetrics.com/credit\\_risk](http://www.riskmetrics.com/credit_risk)>
19. SIX SWISS EXCHANGE [online]. [cit. 2010-10-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.six-swiss-exchange.com/bonds/overview\\_en.html](http://www.six-swiss-exchange.com/bonds/overview_en.html)>
20. STANDARD&POOR'S [online]. [cit. 2010-10-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.standardandpoors.com/home/en/eu>>
21. WIENER BROSE [online]. [cit. 2010-10-01]. Dostupný z WWW: <<http://en.wienerbourse.at/bonds/>>



## Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užitím své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byla VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne .....

.....

jméno a příjmení studenta

Adresa trvalého pobytu studenta:

Staroveská 154, 724 00, Ostrava